



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS A LA CALEFACCIÓN
RESIDENCIAL A LEÑA EN CIUDADES DE LA ZONA
CENTRO-SUR DE CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

ANA MARÍA PEREIRA VELOSO

**PROFESOR GUÍA:
JUAN PABLO ZANLUNGO M.**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JOSÉ INOSTROZA LARA
JACQUES CLERC**

**SANTIAGO DE CHILE
OCTUBRE 2012**

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR : ANA MARÍA PEREIRA VELOSO
FECHA: 29/10/2012
PROF. GUIA: SR. JUAN PABLO ZANLUNGO

1. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS A LA
CALEFACCIÓN RESIDENCIAL A LEÑA EN CIUDADES DE LA ZONA
CENTRO-SUR DE CHILE

En el presente trabajo se realiza una evaluación técnico-económica de tres alternativas al actual sistema de calefacción residencial a leña en tres ciudades de la zona centro-sur de Chile.

El trabajo se enmarca en el plan de acción llevado a cabo por el Ministerio del Medio Ambiente para disminuir las actuales concentraciones de material particulado en ciudades que presentan elevados índices de contaminación producto de la combustión residencial de leña.

Las alternativas evaluadas corresponden a un Recambio de Calefactores a Pellet, un Recambio de Calefactores a Leña y un Reacondicionamiento Térmico de las Viviendas, las cuales con aplicadas en las ciudades de Talca (VII Región), Temuco – Padre Las Casas (IX Región) y Coyhaique (XI Región).

Los resultados obtenidos permiten concluir que la conveniencia de cada alternativa depende de las características propias de las ciudades, siendo relevante parámetros como la cantidad de habitantes, el precio de los combustibles y la tasa natural de recambio de calefactores.

En el caso de las ciudades de Talca y Coyhaique, la alternativa más conveniente corresponde a un Recambio de Calefactores a Leña debido a que se presenta como la única opción rentable. No obstante, la alternativa de Reacondicionamiento Térmico podría convertirse en la mejor opción en Talca si existieran pequeñas variaciones en el precio de la tecnología, el precio de la leña o el valor de la vida humana.

Por otra parte, en el caso de la localidad de Temuco – Padre Las Casas, el Recambio de Calefactores a Pellets resulta ser lo más conveniente debido a que, además de ser rentable, es la alternativa que logra la mayor disminución de las concentraciones de MP2,5.

La implementación de estas alternativas debiese estar complementada con otras medidas necesarias, como por ejemplo la declaración de leña y sus derivados como combustible, la asignación de un valor a la pérdida de la vida humana, el desarrollo de campañas de educación y sensibilización y la mejora de los montos y coberturas del actual subsidio de reacondicionamiento térmico, entre otras.

A mi familia, amigos, profesores y profesionales del Departamento de Asuntos Atmosféricos del Ministerio del Medio Ambiente, quienes hicieron posible la realización de este trabajo.

Contenido

Contenido	3
Índice de Tablas.....	7
Índice de Ilustraciones	11
Índice de Ecuaciones	12
Introducción	13
1. Antecedentes	14
1.1. La contaminación del aire	14
1.2. Calidad del Aire en las Ciudades del Centro-Sur del País	15
1.3. Descripción del mercado de la leña	16
1.4. Combustión de Leña	18
1.5. Impactos de la Contaminación Atmosférica	20
1.5.1. Efectos sobre la Salud	20
1.5.2. Daño a Materiales	21
1.5.3. Efectos sobre la Visibilidad.....	21
1.5.4. Episodios Críticos	21
1.6. Estrategia País.....	21
1.7. Alternativas de Calefacción Residencial.....	22
1.7.1. Estufas a Leña	23
1.7.2. Estufas a Pellets de Madera.....	23
1.7.3. Reacondicionamiento Térmico.....	25
1.7.4. Calefacción Distrital.....	26
2. Marco Conceptual	27
2.1. Contaminación Atmosférica	27
2.2. Leña	28
2.3. Artefactos de Combustión.....	28
2.4. Rendimiento.....	28
2.5. Viviendas	29
2.6. Factores de Emisión.....	29
2.7. Factores Emisión-Concentración	30
3. Justificación del Trabajo de Título	30
4. Objetivos	31
4.1. Objetivo General.....	31
4.2. Objetivos Específicos.....	31
5. Alcances	31
5.1. Alternativas en Evaluación	31
5.2. Alcance Geográfico y Socioeconómico	32
5.3. Contaminantes	32
5.4. Alcance Temporal.....	32
5.5. Efectos	32

6.	Metodología.....	32
6.1.	Recopilación y Análisis de Estudios Existentes para Ciudades y Alternativas.....	32
6.2.	Estimación de Beneficios.....	33
6.2.1.	Estimación de la Concentración de MP2,5 Reducida.....	36
6.2.2.	Valorización de los Efectos.....	41
6.3.	Estimación de Costos.....	42
6.3.1.	Costos Alternativa de Calefactores a Pellets.....	42
6.3.2.	Costos Alternativa de Calefactores a Leña.....	43
6.3.3.	Costos Alternativa de Reacondicionamiento Térmico.....	44
6.4.	Criterios de Selección de Alternativas.....	45
6.5.	Análisis de Sensibilidad.....	46
6.6.	Visitas a Terreno.....	46
7.	Resultados.....	46
7.1.	Artefactos Recambiados y Viviendas Reacondicionadas.....	46
7.2.	Efectividad de las Alternativas.....	46
7.3.	Efectos en la Salud de la Población.....	47
7.3.1.	Casos de Mortalidad.....	48
7.3.2.	Admisiones Hospitalarias.....	49
7.3.3.	Días Laborales Perdidos (DLP).....	50
7.4.	Rentabilidad de las Alternativas.....	51
7.4.1.	Rentabilidad de las Alternativas en la Ciudad de Talca.....	51
7.4.2.	Rentabilidad de las Alternativas en la Localidad de Temuco – Padre Las Casas.....	53
7.4.3.	Rentabilidad de las Alternativas en la Ciudad de Coyhaique.....	55
7.5.	Indicadores.....	56
7.6.	Selección de Alternativas.....	57
7.7.	Análisis de Sensibilidad.....	57
7.7.1.	Variación de las Emisiones y Concentraciones de MP2,5.....	57
7.7.2.	Variación de la Rentabilidad.....	62
7.8.	Observaciones Visitas a Terreno.....	66
8.	Discusiones.....	68
8.1.	Comparación de Alternativas.....	68
8.2.	Alternativas Evaluadas.....	68
8.2.1.	Recambio de Calefactores a Pellets.....	68
8.2.2.	Recambio de Calefactores a Leña.....	69
8.2.3.	Reacondicionamiento Térmico.....	69
8.2.4.	Alternativas en la Ciudad de Talca.....	70
8.2.5.	Alternativas en la Localidad de Temuco-Padre Las Casas.....	72
8.2.6.	Alternativas en la Ciudad de Coyhaique.....	73
8.3.	Leña Seca.....	75
8.4.	Valor de la vida.....	75

8.5.	Visita a Terreno.....	76
8.5.1.	Disponibilidad de Pellet	76
8.5.2.	Transferencia Tecnológica	77
8.5.3.	Aranceles en Zonas Extremas	77
8.5.4.	Bonos de Leña y Pellet.....	77
8.5.5.	Medición de Artefactos por Instituciones Estatales	77
9.	Conclusiones	78
	Glosario de Términos	80
10.	Bibliografía	81
11.	Anexos.....	85
11.1.	Número de Casas	85
11.2.	Población 2005-2020	86
11.3.	Parque de Artefactos	87
11.4.	Viviendas que consumen leña.....	88
11.5.	Consumo Anual Promedio de Leña [m ³ estéreo]	88
11.6.	Comportamiento de Consumo de Leña.....	88
11.7.	Eficiencia de los Artefactos de Combustión	89
11.8.	Especies de Leña Consumida.....	90
11.9.	Densidad Anhidra de las Especies	91
11.10.	Poderes Calóricos de las Especies Anhidras	92
11.11.	Humedad de la Leña Consumida	93
11.12.	Densidades Promedio [kg/m ³]	93
11.13.	Poder Calórico de la Leña Consumida	93
11.14.	Factores de Emisión para Material Particulado Respirable MP10.....	94
11.15.	Emisiones MP2,5 Provenientes de Otras Fuentes.....	94
11.16.	Índices INACER.....	94
11.17.	Tipologías	95
11.18.	Materialidad de las Tipologías.....	96
11.19.	Temperaturas Promedio Mensuales.....	97
11.20.	Calefactores a Pellets en Chile	98
11.21.	Densidad Promedio.....	98
11.22.	Poder Calórico Inferior.....	99
11.23.	Estimación de Factores Emisión-Concentración	99
11.24.	Tipologías de Vivienda.....	100
11.25.	Viviendas Reacondicionadas	103
11.25.1.	Viviendas Reacondicionadas en Talca.....	103
11.25.2.	Viviendas Reacondicionadas en T-PLC	106
11.25.3.	Viviendas Reacondicionadas en Coyhaique	111
11.26.	Demanda de Calefacción	115
11.27.	Emisiones de Artefactos a Pellets y Leña	115

11.27.1.	Emisiones de MP2,5 Artefacto Actual a Leña	115
11.27.2.	Emisiones de MP2,5 Artefacto a Pellets.....	115
11.27.3.	Emisiones de MP2,5 Artefacto a Leña Recambiado.....	116
11.28.	Evolución del Parque de Artefactos.....	116
11.28.1.	Evolución del Parque de Artefactos en Talca	117
11.28.2.	Evolución del Parque de Artefactos en Temuco y Padre Las Casas	118
11.28.3.	Evolución del Parque de Artefactos en Coyhaique.....	118
11.29.	Evolución del Parque de Viviendas.....	120
11.29.1.	Evolución del Parque de Viviendas en Talca.....	120
11.29.2.	Evolución del Parque de Viviendas en T-PLC	121
11.29.3.	Evolución del Parque de Viviendas en Coyhaique	123
11.30.	Emisiones y Concentraciones Anuales de MP2,5.....	125
11.30.1.	Emisiones y Concentraciones de MP2,5 en Talca, 2013 -2023	125
11.30.2.	Emisiones y Concentraciones de MP2,5 en Temuco-Padre Las Casas, 2013-2020.....	126
11.30.3.	Emisiones y Concentraciones de MP2,5 en Coyhaique, 2013-2023.....	127
11.31.	Número de Casos.....	128
11.31.1.	Casos Proyectados y Evitados en Talca.....	128
11.31.2.	Casos Proyectados y Evitados en la Localidad de Temuco – Padre Las Casas	130
11.31.3.	Casos Proyectados y Evitados en la Ciudad de Coyhaique	132
11.32.	Beneficios Económicos	135
11.32.1.	Beneficios Económicos en la Ciudad de Talca.....	135
11.32.2.	Beneficios Económicos en la Ciudad de T-PLC.....	137
11.32.3.	Beneficios Económicos en la Ciudad de Coyhaique.....	138
11.33.	Inversión.....	140
11.33.1.	Inversión Escenario 1.....	140
11.33.2.	Inversión Escenario 2.....	140
11.33.3.	Inversión Escenario 3.....	140
11.34.	Costos	142
11.34.1.	Talca	142
11.34.2.	T-PLC	142
11.34.3.	Coyhaique.....	143
11.35.	Sensibilidad de las Concentraciones.....	144

Índice de Tablas

Tabla 1: Exigencias Térmicas para los Complejos de Techumbre, Muros Perimetrales y Pisos Ventilados	26
Tabla 2: Exigencias Térmicas para el Complejo de Ventana	26
Tabla 3: Efectos Estudiados	34
a 4: Coeficientes de Relación Concentración-Respuesta para la Exposición a Corto Plazo de MP2,5	35
Tabla 5: Tasas de Incidencia para la Exposición a Corto Plazo de MP2,5	35
Tabla 6: Factores de Emisión para MP2,5	37
Tabla 7: Eficiencia de Artefactos Recambiados por el MMA	38
Tabla 8: Factor de Emisión Estufa a Leña Recambiada por el MMA	38
Tabla 9: Valoración de Efectos Considerados (UF/caso)	42
Tabla 10: Datos Técnicos Estufa a Pellet	43
Tabla 11: Costos Alternativa Recambio de Calefactores a Pellets	43
Tabla 12: Meses Sujetos a Uso de Calefacción	43
Tabla 13: Costos Alternativa Recambio de Calefactores a Leña	44
Tabla 14: Detalles Técnicos Material Aislante	44
Tabla 15: Costos de Mano de Obra y Flete	45
Tabla 16: Número de Artefactos Recambiados	46
Tabla 17: Número de Viviendas Reacondicionadas	46
Tabla 18: Emisiones Promedio Anuales bajo Distintos Escenarios [kg de MP2,5]	47
Tabla 19: Factores Emisión-Concentración [ton/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)]	47
Tabla 20: VAN de las Alternativas [UF]	51
Tabla 21: Costos de Calefacción Anuales [\$]	51
Tabla 22: Indicadores Costo-Beneficio	56
Tabla 23: Selección de Alternativas Rentables	57
Tabla 24: Variación de las Concentraciones	62
Tabla 25: Mínima Disposición a Pagar [UF]	65
Tabla 26: Número Promedio de Casas Construidas Anualmente	85
Tabla 27: Número de Casas 2002-2023, Crecimiento Lineal	85
Tabla 28: Población Estimada Años 2005-2023 en Talca	86
Tabla 29: Población Estimada Años 2005-2020 en T-PLC	86
Tabla 30: Población Estimada Años 2005-2023 en Coyhaique	86
Tabla 31: Composición del Parque de Artefactos	87
Tabla 32: Artefactos Sujetos a Recambio al Año 2011	88
Tabla 33: Porcentaje de Casas que Consumen Leña	88
Tabla 34: Consumo Promedio Anual de Leña por Vivienda [m^3 estéreos]	88
Tabla 35: Consumo de Leña Seca, Húmeda y Mala Operación en Talca	89
Tabla 36: Consumo de Leña Seca, Húmeda y Mala Operación en T-PLC	89
Tabla 37: Consumo de Leña Seca, Húmeda y Mala Operación en Coyhaique	89
Tabla 38: Eficiencia de los Artefactos Sujetos a Recambio	89
Tabla 39: Eficiencia del Parque	90
Tabla 40: Densidades Anhidras de la Leña en Talca	91
Tabla 41: Densidades Anhidras de la Leña en T-PLC	91
Tabla 42: Densidades Anhidras de la Leña en Coyhaique	92
Tabla 43: Poderes Calóricos Leña en Talca	92
Tabla 44: Poderes Calóricos Leña en T-PLC	92
Tabla 45: Poderes Calóricos Leña en Coyhaique	93
Tabla 46: Humedad de la Leña Consumida	93
Tabla 47: Densidades Promedio [kg/m^3]	93
Tabla 48: Poder Calórico Inferior Base Húmeda de la Leña Consumida	94
Tabla 49: Factores de Emisión MP10	94
Tabla 50: Emisiones de MP2,5 Provenientes de Otras Fuentes	94
Tabla 51: INACER 2007-2011	94
Tabla 52: Dimensiones Tipología 1	95
Tabla 53: Dimensiones Tipología 2	95
Tabla 54: Dimensiones Tipología 3	95
Tabla 55: Dimensiones Tipología 4	95

Tabla 56: Dimensiones Tipología 5.....	95
Tabla 57: Dimensiones Tipología 6.....	95
Tabla 58: Dimensiones Tipología 1*.....	95
Tabla 59: Dimensiones Tipología 2*.....	95
Tabla 60: Dimensiones Tipología 3*.....	95
Tabla 61: Materialidad Tipología 1.....	96
Tabla 62: Materialidad Tipología 2.....	96
Tabla 63: Materialidad Tipología 3.....	96
Tabla 64: Materialidad Tipología 4.....	96
Tabla 65: Materialidad Tipología 5.....	96
Tabla 66: Materialidad Tipología 6.....	96
Tabla 67: Materialidad Tipología 1*.....	97
Tabla 68: Materialidad Tipología 2*.....	97
Tabla 69: Materialidad Tipología 3*.....	97
Tabla 70: Temperaturas Promedio Mensuales en las Ciudades [°C].....	97
Tabla 71: Calefactores a Pellets Comercializados en Chile.....	98
Tabla 72: Concentraciones Promedio Anual de MP10 en las Ciudades [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	100
Tabla 73: Contribución de la Combustión Residencial por Leña al Total de Emisiones de MP10.....	100
Tabla 74: Emisiones Anuales de MP2,5 en las Ciudades [ton].....	100
Tabla 75: Factores Emisión-Concentración para las Ciudades [$\text{ton}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$].....	100
Tabla 76: Definición de Dimensiones y Materialidad de las Tipologías.....	101
Tabla 77: Número de Viviendas a Reacondicionar.....	101
Tabla 78: Distribución de las Viviendas según Superficie Construida.....	101
Tabla 79: Distribución de las Tipologías por Zona Térmica.....	102
Tabla 80: Cantidad de Viviendas según Tipología.....	102
Tabla 81: Demanda Anual de Calefacción para una Viviendas Promedio con Reacondicionamiento [kwh/m^2].....	102
Tabla 82: Tipología 1 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	103
Tabla 83: Tipología 2 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	103
Tabla 84: Tipología 3 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	103
Tabla 85: Tipología 4 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	103
Tabla 86: Tipología 5 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	104
Tabla 87: Tipología 6 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	104
Tabla 88: Tipología 1* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	104
Tabla 89: Tipología 2* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	104
Tabla 90: Tipología 3* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	104
Tabla 91: Tipología 1 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca.....	105
Tabla 92: Tipología 2 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca.....	105
Tabla 93: Tipología 3 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca.....	105
Tabla 94: Tipología 4 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca.....	105
Tabla 95: Tipología 5 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca.....	105
Tabla 96: Tipología 6 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca.....	106
Tabla 97: Tipología 1* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca.....	106
Tabla 101: Tipología 2 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC.....	107
Tabla 102: Tipología 3 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC.....	107
Tabla 103: Tipología 4 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC.....	107
Tabla 104: Tipología 5 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca.....	107
Tabla 105: Tipología 6 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC.....	108
Tabla 106: Tipología 1* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC.....	108
Tabla 107: Tipología 2* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC.....	108
Tabla 108: Tipología 3* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC.....	108
Tabla 109: Tipología 1 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC.....	108
Tabla 110: Tipología 2 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC.....	109
Tabla 111: Tipología 3 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC.....	109
Tabla 112: Tipología 4 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC.....	109
Tabla 113: Tipología 5 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC.....	109
Tabla 114: Tipología 6 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC.....	110
Tabla 115: Tipología 1* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC.....	110

Tabla 118: Tipología 1 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	111
Tabla 119: Tipología 2 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	111
Tabla 120: Tipología 3 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	111
Tabla 121: Tipología 4 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	111
Tabla 122: Tipología 5 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	111
Tabla 123: Tipología 6 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	112
Tabla 124: Tipología 1* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	112
Tabla 125: Tipología 2* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	112
Tabla 126: Tipología 3* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique.....	112
Tabla 127: Tipología 1 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique.....	112
Tabla 128: Tipología 2 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique.....	113
Tabla 129: Tipología 3 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique.....	113
Tabla 130: Tipología 4 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique.....	113
Tabla 131: Tipología 5 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique.....	113
Tabla 132: Tipología 6 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique.....	114
Tabla 133: Tipología 1* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique.....	114
Tabla 136: Demanda de Energía Anual en las Ciudades.....	115
Tabla 137: Emisión Promedio Anual de un Artefacto Actual a Leña.....	115
Tabla 138: Alimentación y Emisión Promedio Anual en un Artefacto a Pellets.....	115
Tabla 139: Alimentación y Emisión Promedio Anual en un Artefacto a Pellets.....	116
Tabla 140: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en Talca, Escenario 1.....	117
Tabla 141: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en Talca, Escenario 2.....	117
Tabla 142: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en T-PLC, Escenario 1.....	118
Tabla 143: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en T-PLC, Escenario 2.....	118
Tabla 144: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en Coyhaique, Escenario 1.....	118
Tabla 145: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en Coyhaique, Escenario 2.....	119
Tabla 146: Parque Construido Antes del 2000, Talca.....	120
Tabla 147: Parque Construido Entre el 2000 y el 2006, Talca.....	120
Tabla 148: Cantidad Anual de Viviendas Construidas entre el 2007 y el 2012, Talca.....	121
Tabla 149: Viviendas Construidas Después del 2012, Talca.....	121
Tabla 150: Parque Construido Antes del 2000, T-PLC.....	121
Tabla 151: Parque Construido Entre el 2000 y el 2006 T-PLC.....	122
Tabla 152: Cantidad Anual de Viviendas Construidas entre el 2007 y el 2012, T-PLC.....	122
Tabla 153: Viviendas Construidas Después del 2012, T-PLC.....	122
Tabla 154: Parque Construido Antes del 2000, Coyhaique.....	123
Tabla 155: Parque Construido Entre el 2000 y el 2006, Coyhaique.....	123
Tabla 156: Cantidad Anual de Viviendas Construidas entre el 2007 y el 2012, Coyhaique.....	123
Tabla 157: Viviendas Construidas Después del 2012, Coyhaique.....	124
Tabla 158: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Talca, Escenario Base.....	125
Tabla 159: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Talca, Escenario 1.....	125
Tabla 160: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Talca, Escenario 2.....	125
Tabla 161: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Talca, Escenario 3.....	126
Tabla 162: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en T-PLC, Escenario Base.....	126
Tabla 163: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en T-PLC, Escenario 1.....	126
Tabla 164: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en T-PLC, Escenario 2.....	126
Tabla 165: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en T-PLC, Escenario 3.....	126
Tabla 166: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Coyhaique, Escenario Base.....	127
Tabla 167: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Coyhaique, Escenario 1.....	127
Tabla 168: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Coyhaique, Escenario 2.....	127
Tabla 169: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Coyhaique, Escenario 3.....	127
Tabla 170: Casos Proyectados en Talca, Escenario Base.....	128
Tabla 171: Casos Evitados en Talca, Escenario 1.....	129
Tabla 172: Casos Evitados en Talca, Escenario 2.....	129
Tabla 173: Casos Evitados en Talca, Escenario 3.....	130
Tabla 174: Casos Proyectados en T-PLC, Escenario Base.....	130
Tabla 175: Casos Evitados en T-PLC, Escenario 1.....	131
Tabla 176: Casos Evitados en T-PLC, Escenario 2.....	131

Tabla 177: Casos Evitados en T-PLC, Escenario 3	132
Tabla 178: Casos Proyectados en Coyhaique, Escenario Base.....	132
Tabla 179: Casos Evitados en Coyhaique, Escenario 1	133
Tabla 180: Casos Evitados en Coyhaique, Escenario 2.....	133
Tabla 181: Casos Evitados en Coyhaique, Escenario 3.....	134
Tabla 182: Beneficios Económicos en Talca, Escenario 1	135
Tabla 183: Beneficios Económicos en Talca, Escenario 2.....	136
Tabla 184: Beneficios Económicos en Talca, Escenario 3.....	136
Tabla 185: Beneficios Económicos en T-PLC, Escenario 1.....	137
Tabla 186: Beneficios Económicos en T-PLC, Escenario 2.....	137
Tabla 187: Beneficios Económicos en T-PLC, Escenario 3.....	138
Tabla 188: Beneficios Económicos en Coyhaique, Escenario 1.....	138
Tabla 189: Beneficios Económicos en Coyhaique, Escenario 2.....	139
Tabla 190: Beneficios Económicos en Coyhaique, Escenario 3.....	139
Tabla 191: Inversión Recambio de Calefactores a Pellets.....	140
Tabla 192: Inversión Recambio de Calefactores a Leña	140
Tabla 193: Inversión Aislantes Escenario 3, Talca.....	140
Tabla 194: Inversión Aislantes Escenario 3, T-PLC	141
Tabla 195: Inversión Aislantes Escenario 3, Coyhaique	141
Tabla 196: Inversión Completa, Talca	141
Tabla 197: Inversión Completa, T-PLC	141
Tabla 198: Inversión Completa, Coyhaique	141
Tabla 199: Costos Talca, Escenario 1	142
Tabla 200: Costos Talca, Escenario 2	142
Tabla 201: Costos Talca, Escenario 3	142
Tabla 202: Costos T-PLC, Escenario 1	142
Tabla 203: Costos T-PLC, Escenario 2	143
Tabla 204: Costos T-PLC, Escenario 3	143
Tabla 205: Costos Coyhaique, Escenario 1	143
Tabla 206: Costos Coyhaique, Escenario 2	143
Tabla 207: Costos Coyhaique, Escenario 3	143

Índice de Ilustraciones

Figura 1: Percentil 98 Concentración Diarias MP10.....	15
Figura 2: Concentraciones Anuales MP10	16
Figura 3: Consumo de Leña Promedio por Hogar [m ³ /año]	17
Figura 4: Consumo de Energía Primaria	18
Figura 5: Consumo de Energía Primaria	18
Figura 6: Emisiones de Material Particulado de Artefacto Actuales	20
Figura 7: Estufa a Pellets.....	24
Figura 8: Concentraciones MP2,5 al Final del Período de Evaluación	47
Figura 9: Casos de Mortalidad Proyectados y Evitados, Talca	48
Figura 10: Casos de Mortalidad Proyectados y Evitados, T-PLC	48
Figura 11: Casos de Mortalidad Proyectados y Evitados, Coyhaique	48
Figura 12: Admisiones Hospitalarias Proyectadas y Evitadas, Talca.....	49
Figura 13: Admisiones Hospitalarias Proyectadas y Evitadas, T-PLC.....	49
Figura 14: Admisiones Hospitalarias Proyectadas y Evitadas, Coyhaique	49
Figura 15: Proyección de los Días Laborales Perdidos, Talca.....	50
Figura 16: Proyección de los Días Laborales Perdidos, T-PLC	50
Figura 17: Proyección de los Días Laborales Perdidos, Coyhaique	50
Figura 18: VAN Desglosado, Escenario 1 Talca.....	51
Figura 19: VAN Desglosado, Escenario 2 Talca.....	52
Figura 20: VAN Desglosado, Escenario 3 Talca.....	52
Figura 21: VAN Desglosado, Escenario 1 T-PLC.....	53
Figura 22: VAN Desglosado, Escenario 2 T-PLC.....	53
Figura 23: VAN Desglosado, Escenario 3 T-PLC.....	54
Figura 24: VAN Desglosado, Escenario 1 Coyhaique	55
Figura 25: VAN Desglosado, Escenario 2 Coyhaique	55
Figura 26: VAN Desglosado, Escenario 3 Coyhaique	56
Figura 27: Emisiones Anuales Promedio de Viviendas bajo Distintas Condiciones, Talca	58
Figura 28: Emisiones Anuales Promedio de Viviendas bajo Distintas Condiciones, T-PLC.....	59
Figura 29: Emisiones Anuales Promedio de Viviendas bajo Distintas Condiciones, Coyhaique.....	60
Figura 30: Sensibilidad de las Concentraciones en Escenario 2, Talca Año 2023	61
Figura 31: Sensibilidad de las Concentraciones en Escenario 1, T-PLC2020.....	61
Figura 32: Sensibilidad de las Concentraciones en Escenario 2, Coyhaique 2023.....	62
Figura 33: Sensibilidad para el Precio de la Tecnología, Escenario 1	63
Figura 34: Sensibilidad para el Precio de la Tecnología, Escenario 2.....	63
Figura 35: Sensibilidad para el Precio de la Tecnología, Escenario 3.....	63
Figura 36: Sensibilidad para el Precio de la Leña, Talca.....	64
Figura 37: Sensibilidad para el Precio de la Leña, T-PLC	64
Figura 38: Sensibilidad para el Precio de la Leña, Coyhaique	65
Figura 39: VAN v/s Costo Caso de Mortalidad, Talca.....	65
Figura 40: VAN v/s Costo Caso de Mortalidad, T-PLC.....	66
Figura 41: VAN v/s Costo Caso de Mortalidad, Coyhaique	66
Figura 42: Distribución de Especies Comercializadas en la Ciudad de Talca.....	90
Figura 43: Distribución de Especies Comercializadas en las Ciudades de T-PLC.....	90
Figura 44: Distribución de Especies Comercializadas en la Ciudad de Coyhaique	91
Figura 45: Sensibilidad Concentraciones Escenario 1, Talca 2023	144
Figura 46: Sensibilidad Concentraciones Escenario 3, Talca 2023	144
Figura 47: Sensibilidad Concentraciones Escenario 2, T-PLC 2020.....	144
Figura 48: Sensibilidad Concentraciones Escenario 3, T-PLC 2020.....	145
Figura 49: Sensibilidad Concentraciones Escenario 1, Coyhaique 2023.....	145
Figura 50: Sensibilidad Concentraciones Escenario 3, Coyhaique 2023.....	145

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Eficiencia Térmica de Artefactos de Combustión	28
Ecuación 2: Beneficios Sociales.....	33
Ecuación 3: Cambio de los Efectos Evitados	33
Ecuación 4: Concentración de MP2,5	36
Ecuación 5: Estimación de MP2,5 Emitido	36
Ecuación 6: Demanda de Calefacción	39
Ecuación 7: Coeficiente Volumétrico de Transferencia de Calor	40
Ecuación 8: Coeficiente Global de Transferencia de Calor.....	40
Ecuación 9: Indicador CB	45
Ecuación 10: Cálculo de Humedad	98
Ecuación 11: Densidad Anhidra.....	98
Ecuación 12: Masa de Agua	98
Ecuación 13: Volumen Leña Húmeda.....	98
Ecuación 14: Densidad del Agua.....	98
Ecuación 15: Masa de Agua	99
Ecuación 16: Volumen Agua.....	99
Ecuación 17: Volumen Agua.....	99
Ecuación 18: Masa Agua.....	99
Ecuación 19: Masa Leña Seca	99
Ecuación 20: Masa Leña Húmeda	99
Ecuación 21: Poder Calorífico Inferior.....	99

Introducción

La combustión de leña y derivados de la madera representan actualmente una de las principales fuentes de contaminación atmosférica en todas las ciudades de la zona centro sur del país. Su uso se da a nivel industrial, comercial y residencial, siendo este último el sector de mayor consumo con aproximadamente 8,5 millones de toneladas anuales, las que representan un 61% del total nacional de leña consumida (Balance Anual CNE, 2010).

Las causas que explican esta contaminación corresponden al alto consumo de leña, destinado principalmente para uso de calefacción, y a una combinación de factores que favorecen la emisión de partículas contaminantes al ambiente, entre ellos la precariedad térmica de las viviendas, las características de la leña consumida, los actuales modos de operación de los equipos y la alta ineficiencia de estos.

El problema más importante asociado a la combustión de leña es la emisión de partículas finas y contaminantes atmosféricos calificados como tóxicos. De estas partículas, el principal contaminante corresponde a material particulado (MP), el cual en períodos prolongados de exposición puede causar graves problemas a la salud de la población, entre ellas enfermedades cardiopulmonares, mayor morbilidad y una menor esperanza de vida. Se estima que el costo nacional en salud pública asociado a la combustión de leña representa alrededor de 364 millones de dólares al año (CNE, 2008).

Actualmente, más de 28 localidades de la zona centro-sur de Chile registran niveles de MP superiores a los permitidos por la Norma Primaria de Calidad del Aire, siendo la combustión residencial de leña la principal fuente de contaminación en la mayoría de éstas. Algunas de las localidades afectadas son las comunas que conforman el Valle Central de la Región de O'Higgins, las ciudades de Talca-Maule, Curicó, Chillán, Concepción, Los Ángeles, Temuco-Padre Las Casas, Valdivia, Osorno y Coyhaique. Sin embargo, dado que el MP tiene la capacidad de ser transportado a través de la atmósfera, la población afectada no es sólo la que reside en estas ciudades, sino también la que se encuentra en sus alrededores.

Debido a las implicancias que tiene el actual consumo residencial de leña, el Ministerio del Medio Ambiente ha elaborado una estrategia país cuyo principal objetivo es reducir las emisiones de MP mediante la implementación de distintas líneas de acción que regulen el consumo de leña. Para esto, la estrategia contempla la participación del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), del Ministerio de Energía (ME), del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y la colaboración de otros actores locales de las zonas afectadas.

Dado que las ciudades presentan distintas características, entre ellas distintos tipos de climas, potenciales energéticos, distribución poblacional y patrones de crecimiento habitacional, la eficiencia de las alternativas de calefacción aplicables en las ciudades no es la misma para todas. En vista de esto, se hace necesario evaluar cada una de ellas de acuerdo a las realidades propias de las ciudades, con el objetivo de determinar su conveniencia y así orientar las futuras políticas públicas en forma adecuada mediante la correcta asignación de recursos.

1. Antecedentes

1.1. La contaminación del aire

Actualmente, la contaminación del aire es uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial. Si bien sus causas son diversas, gran parte de esta contaminación está asociada al rápido y desordenado crecimiento urbano y a la industrialización (LACASAÑA-NAVARRO “et al”, 1999).

Uno de los hechos que marca un punto de cambio entre la actividad económica y el ambiente, es la Revolución Industrial en el siglo XVIII, momento a partir del cual se aceleran las emisiones de contaminantes al aire. No obstante, no es sino hasta comienzos del siglo XIX que se considera la contaminación atmosférica causada por la industria como un problema. (LACASAÑA-NAVARRO “et al”, 1999)

Una de las principales externalidades de la contaminación del aire es la exposición de la población a enfermedades. Numerosos son los episodios de exceso de mortalidad debidos a niveles extremadamente altos de sustancias químicas tóxicas en el aire, entre los que destacan el caso de Meuse Valley en Bélgica el año 1930, el caso de Donora, Pennsylvania en Estados Unidos el año 1948 y el caso de Londres en Inglaterra el año 1952. (LACASAÑA-NAVARRO “et al”, 1999)

El deterioro continuo de la calidad del aire condujo, en forma general, a una toma de conciencia por parte de la comunidad, lo que propició un cambio en los gobiernos y luego en organismos internacionales acerca de los problemas de la contaminación. Es a raíz de esto que surgen diferentes convenciones internacionales con el fin de formar acuerdos de cooperación entre gobiernos para disminuir y controlar la contaminación del aire. Algunos encuentros destacados son la celebración de la Primera Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano en la ciudad de Estocolmo (Suecia, 1972), el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono (Austria, 1985), la firma del Protocolo de Montreal (Canadá, 1987) y la Cumbre Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992 y Johannesburgo, 2002). (ROMERO “et al”, 2006)

A la fecha, distintos gobiernos han debido implementar programas para controlar la contaminación atmosférica de sus ciudades. Algunos países latinoamericanos ejemplo de esto son Brasil para la ciudad de Sao Paulo en 1979, México para Ciudad de México en 1986 y Chile para la ciudad de Santiago en 1990. Cada uno de ellos logró reducir las concentraciones de contaminantes, para lo cual incluyeron medidas en el área industrial, de transporte y de servicios, además de integrar políticas metropolitanas e implementar programas de educación y participación ciudadana, entre otros. (LACASAÑA-NAVARRO “et al”, 1999)

Las causas que explican la contaminación atmosférica de estas ciudades difieren entre sí. En el caso de Sao Paulo y Ciudad de México, las causas se atribuyen al rápido crecimiento de la población, mientras que en el caso de Santiago se atribuyen a la alta concentración de esta en la capital del país. (LACASAÑA-NAVARRO “et al”, 1999)

Hoy en día, los niveles de contaminación de la ciudad de Santiago son controlados con el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) implementado desde 1990. Sin embargo, no ocurre lo mismo en otras ciudades del país, donde los niveles de contaminación sobrepasan enormemente las normas de calidad permitidas.

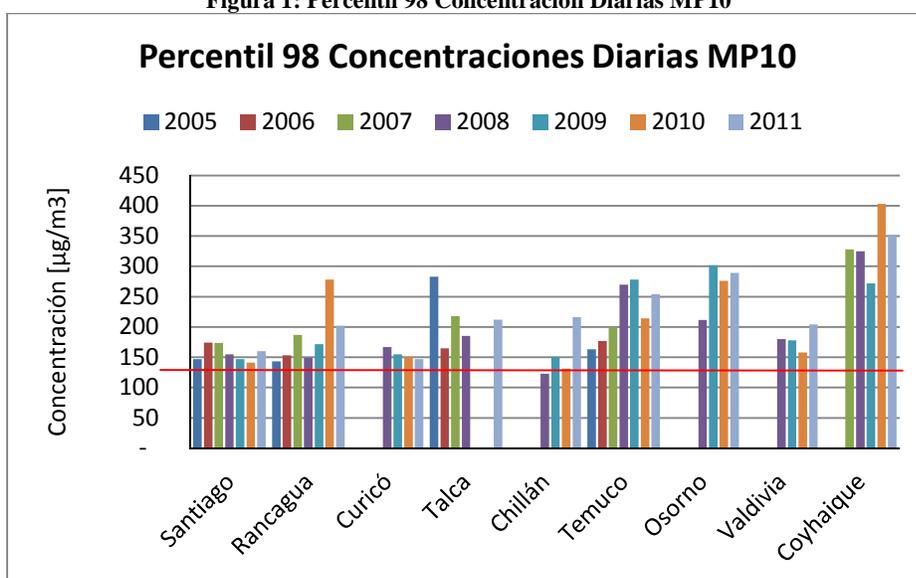
1.2. Calidad del Aire en las Ciudades del Centro-Sur del País

Las ciudades de la zona centro-sur del país presentan altas concentraciones de material particulado (MP) en el período otoño-invierno debido al uso intensivo de leña como sistema de calefacción residencial. Bajo este escenario, y considerando el crecimiento de las ciudades, se espera que las futuras demandas de energía para calefacción con leña generen o intensifiquen los actuales problemas de contaminación atmosférica. (D.S. N°39/2012)

El aporte de las emisiones de la combustión residencial de leña varía en cada ciudad. Sin embargo, en la mayoría de las ciudades este valor es significativo y generalmente aumenta con la latitud. Ejemplo de ello es lo que ocurre en el Valle Central de la Región de O'Higgins, en Temuco o en Coyhaique, lugares en los que el aporte corresponde a un 89%, un 97% y un 94% respectivamente. (D.S. N°39/2012 MMA)

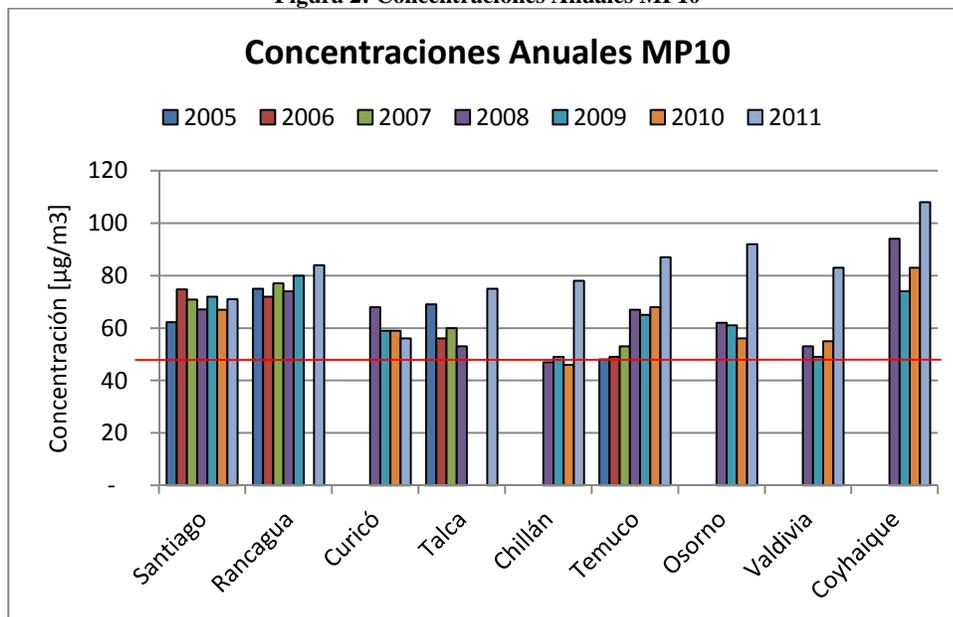
Los monitoreos de calidad del aire registrados durante el período 2004-2009 indican que por lo menos en las ciudades de Rancagua, Talca, Chillán, Temuco, Osorno, Valdivia y Coyhaique se sobrepasa la norma diaria y anual de MP10 (Ver Figura 1 y Figura 2), razón por la cual, de acuerdo al Reglamento para la Elaboración de Planes de Prevención y Descontaminación, estas ciudades debiesen ser declaradas zonas saturadas y elaborar un Plan de Descontaminación Atmosférico. (D.S. N°39/2012 MMA)

Figura 1: Percentil 98 Concentración Diarias MP10



Fuente: Elaboración Propia en base a registros del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire

Figura 2: Concentraciones Anuales MP10



Fuente: Elaboración Propia en base a registros del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire

La actual Norma Primaria de Calidad del Aire establece para MP10 respirable un límite de $150[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ como concentración de 24 horas y de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual. En el caso del MP2,5 la norma establece un límite de $50[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ como concentración de 24 horas y $20[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ como concentración anual (D.S. N°12/2011 MMA).

Para efectos regulatorios se considera “zona saturada” por MP2,5 aquella zona en que i) el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas diarias durante un año sea mayor a $50[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, ó ii) la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años consecutivos sea mayor a $20[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ (Artículo 2, D.S. N°59/98 MINSEGPRES). Asimismo, se considera “zona latente” aquella en que la concentración se encuentre entre el 80% y el 100% de las concentraciones límite.

A la fecha, sólo la localidad de Temuco-Padre Las Casas ha sido declarada zona saturada y se encuentra implementando un PDA. El resto de las ciudades se encuentran prontas a ser declaradas zonas saturadas y algunas de ellas ya han tomado algunas medidas para disminuir las actuales concentraciones de MP10 y MP2,5, entre ellas campañas de educación y sensibilización, preparación de programas de recambio de calefactores y ordenanzas municipales para la regulación del comercio de la leña.

1.3. Descripción del mercado de la leña

Numerosos son los estudios que describen el mercado nacional de la leña, destacándose entre estos los documentos “Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile” (Centro de MicroDatos, Universidad de Chile, 2005) y “Análisis del Potencial Estratégico de Leña en la Matriz Energética”.

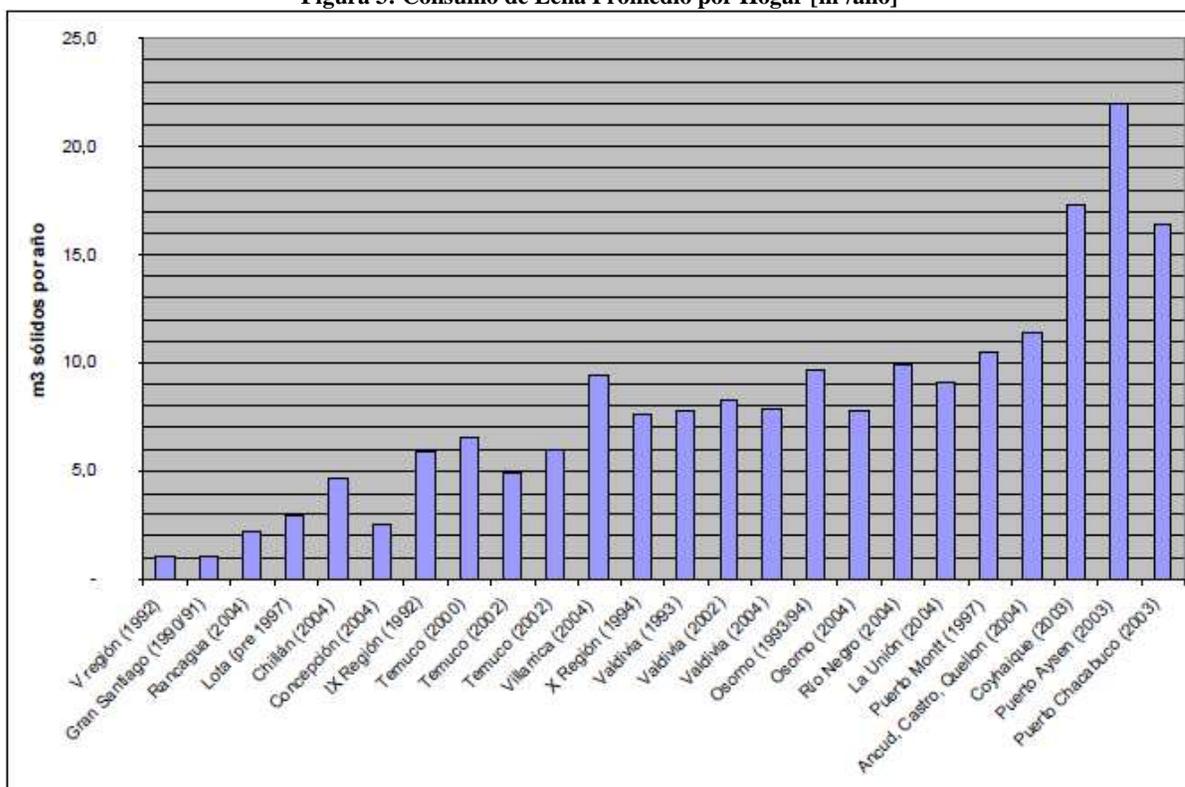
Algunas de las conclusiones obtenidas a partir de estos estudios indican que el consumo de la leña se concentra en la zona sur del país, lugar donde constituye el principal combustible utilizado para la calefacción de viviendas. Además, el porcentaje de hogares que utilizan leña y el consumo promedio de éstas aumenta a medida que se avanza en latitud (Ver Figura 3), lo que se explica por la disminución de las temperaturas promedio diarias y el aumento de las horas de frío,

conlleando esto mayores horas de funcionamiento de los calefactores. Si además se considera que los calefactores utilizados en el país son de baja eficiencia, esta situación se agrava aún más. (Centro de MicroDatos, Universidad de Chile, 2005)

Por otra parte, el consumo de leña aumenta en localidades de menor tamaño para una misma latitud, lo que se refleja en el mayor consumo de hogares rurales versus el consumo promedio urbano. (Centro de MicroDatos, Universidad de Chile, 2005)

Además, ha sido posible observar que, si bien la leña es utilizada en todos los niveles socioeconómicos, su consumo se da fundamentalmente en los niveles de ingresos más extremos (los más altos y los más bajos). (CNE y Departamento de Economía Universidad de Chile, 2005)

Figura 3: Consumo de Leña Promedio por Hogar [m³/año]

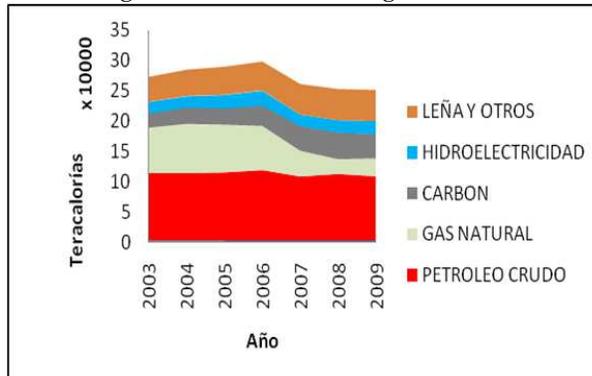


Fuente: Ambiente Consultores Ltda., 2007

Referente a la oferta actual de leña, el mercado se caracteriza por tener un alto grado de informalidad, particularmente en el segmento residencial. Como consecuencia de esto y de la no emisión de boletas o facturas, se tiene una pérdida de recaudación del IVA estimada entre US\$14 y US\$16 millones al año. Además de las pérdidas por concepto tributario, la informalidad del mercado conlleva una carencia de todo estándar de calidad de la leña comercializada y un deterioro del bosque nativo (Centro de MicroDatos, Universidad de Chile, 2005).

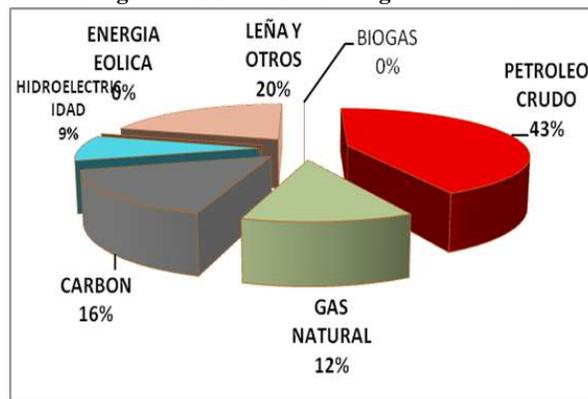
Pese a la importancia de la leña en la matriz energética (Ver Figura 4 y Figura 5), a la fecha esta no es reconocida por la ley como combustible. Sin embargo, han habido algunos avances en esta materia, como por ejemplo la publicación de la Ley 20.586: “Regula la Certificación de los Artefactos para Combustión de Leña y Otros Productos Dendroenergéticos” el pasado 17 de abril de 2012, mediante la cual se otorgan las atribuciones a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) para regular el consumo de leña y sus derivados.

Figura 4: Consumo de Energía Primaria



Fuente: ULLOA P., CONTRERAS C.G., COLLADOS E., 2010

Figura 5: Consumo de Energía Primaria



Fuente: ULLOA P., CONTRERAS C.G., COLLADOS E., 2010

1.4. Combustión de Leña

Los artefactos que combustionan leña realizan una serie de procesos que, además de generar energía producen residuos y emisiones. Algunos de los residuos generados corresponden a vapor de agua, dióxido de carbón, componentes orgánicos condensables, cenizas y otros compuestos no contaminantes, mientras que las emisiones generadas corresponden a material particulado fino, monóxido de carbono, componentes volátiles, óxidos de nitrógeno y otros contaminantes. (AMBIENTE CONSULTORES, 2007)

Para que exista combustión se requiere que existan algunas condiciones de operación: i) se requiere transferir calor a la leña a través de la propia combustión para mantener su proceso de secado y gasificación, ii) se requiere mezclar los gases generados con aire para su combustión y iii) se requiere mantener una temperatura suficientemente elevada y durante un tiempo suficientemente prologado para permitir la combustión completa. (AMBIENTE CONSULTORES, 2007)

En caso de no mantener las condiciones anteriormente mencionadas, se tendrá una combustión incompleta que produce mayores emisiones y tiene una menor eficiencia energética, pudiendo explicarse esto último por varias razones: i) utilización de parte de la energía para evaporar agua contenida en la leña, ii) quema incompleta del combustible y emisión del mismo en forma de partículas o gases condensables, iii) pérdida de energía de los gases de combustión hacia el exterior y no al ambiente interior que se pretende calefaccionar y iv) utilización de parte

de la energía de combustión para calentar el nitrógeno y el exceso de aire de combustión. (AMBIENTE CONSULTORES, 2007)

En la combustión de leña ha sido posible apreciar que una cantidad abundante de aire aumenta la tasa de combustión y la temperatura, pero al mismo tiempo baja la eficiencia y el tiempo de tránsito de los gases. En el caso contrario, si la cantidad de aire es escasa entonces baja la tasa de combustión y la temperatura, pero la combustión es incompleta y aumentan las emisiones. (AMBIENTE CONSULTORES, 2007)

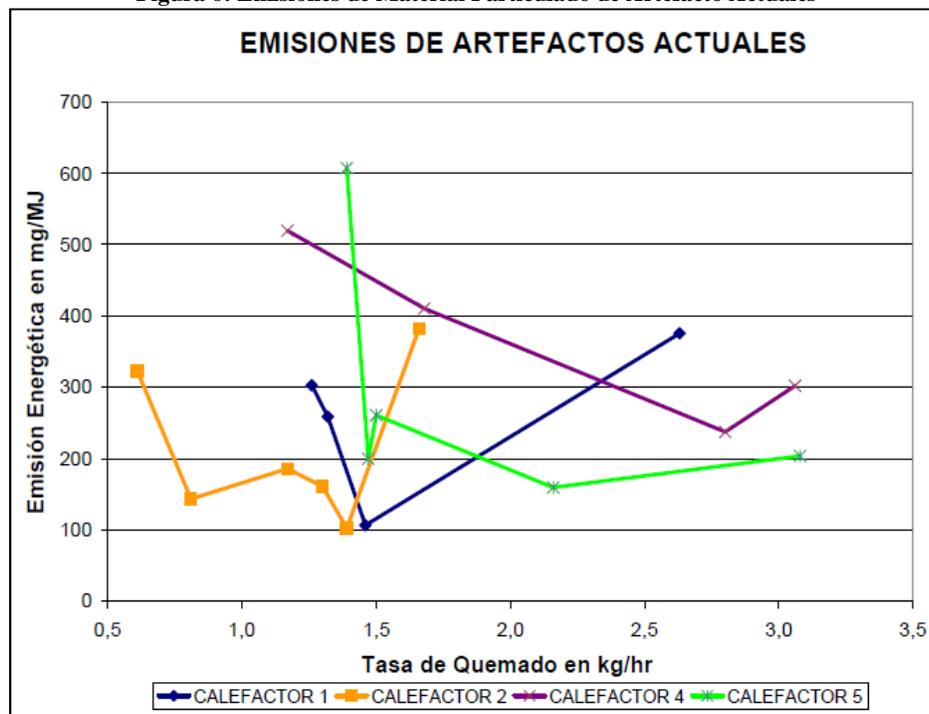
Uno de los orígenes de las altas concentraciones actuales de MP tiene relación con la mala operación de parte de los usuarios y con el diseño deficiente de los artefactos.

Los modelos comercializados actualmente en Chile permiten regular la entrada de aire en el calefactor mediante un dispositivo llamado tiraje. Debido a que el cierre del tiraje permite una combustión más lenta, es común que los usuarios operen sus artefactos de esta manera, limitando así la cantidad de aire en la combustión y produciendo una quema incompleta del combustible con el correspondiente aumento de emisiones. Si a esto se agrega que muchos de los calefactores no tienen un diseño que permita una permanencia más prologada de los gases de combustión, se tiene una pérdida de energía de estos hacia el exterior, lo que genera un menor rendimiento del equipo.

En el caso de Chile, el principal problema producto de la combustión a leña son las altas emisiones de material particulado (MP), el cual corresponde a una mezcla compleja de partículas sólidas del aire y gotitas líquidas compuestas de ácidos (como nitratos y sulfatos), amonio, agua, carbono negro (o "elemental"), productos químicos orgánicos, metales y polvo (THOMAS NUSSBAUMER "et al", 2008). Dependiendo del diámetro de las partículas, el MP puede clasificarse en MP10 ó MP2,5. En el caso del primero, las partículas tienen un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrones, mientras que en el segundo, el diámetro aerodinámico es menor o igual a 2,5 micrones.

Es importante mencionar que las emisiones de MP de los artefactos nacionales son muy variables (Ver Figura 6), pudiendo ser la relación entre el peor y el mejor calefactor de 50 a 1 aún en condiciones óptimas de combustible y operación (ULLOA, CONTRERAS y COLLADOS, 2010). Dada la alta variabilidad presentada, se imposibilita la asignación de un valor único característico a cada artefacto (AMBIENTE CONSULTORES, 2007).

Figura 6: Emisiones de Material Particulado de Artefacto Actuales



Fuente: SERPRAM, 2006

1.5. Impactos de la Contaminación Atmosférica

Los efectos más perjudiciales de la contaminación atmosférica son los producidos sobre la salud. En particular, el MP2,5 y el MP10 son los contaminantes más nocivos derivados de la combustión de leña, seguidos del ozono.

Además de los efectos sobre la salud de la población, la contaminación atmosférica y el MP2,5 en particular, generan otras externalidades negativas en la calidad de vida de la sociedad, las cuales se detallan a continuación.

1.5.1. Efectos sobre la Salud

El impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población puede ser a nivel de morbilidad o mortalidad y, a la vez, a corto o largo plazo.

De acuerdo a la literatura disponible, a corto plazo el MP2,5 puede causar enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, enfermedades cardiovasculares, incrementos de la incidencia de infecciones, cáncer respiratorio, inflamación pulmonar y sistémica, exacerbación de los síntomas e incremento del asma, aumento de infartos al miocardio, disfunciones endoteliales y vasculares y desarrollo de aterosclerosis. (CIFUENTES L, 2010)

Asimismo, según la EPA, existe suficiente evidencia para concluir una asociación causal entre MP2,5 y mortalidad a corto plazo. (GreenLabUC, 2011b)

A largo plazo, estudios concluyen que existe una relación causal entre MP2,5 y morbilidad cardiovascular. Además, concluyen que existe una asociación probablemente causal entre MP2,5 y efectos respiratorios, como disminución en el crecimiento de la función pulmonar, aumento en los síntomas respiratorios y desarrollo de asma. Por último, la declaración de la EPA (2009)

sugiere una relación entre la exposición a MP2,5 y cáncer, mutagenicidad y genotoxicidad. (GreenLabUC, 2011b)

1.5.2. Daño a Materiales

La contaminación atmosférica puede afectar las propiedades químicas y/o físicas de los materiales expuestos a ella. Dado esto, se estima que una reducción de los niveles de contaminantes traería ahorros en términos de mantención de las estructuras y superficies de bienes urbanos, entre ellos, edificios, casas, automóviles, estatuas, bancos públicos, señalética y bienes al interior de edificios y casas. (O'RYAN R. y LARRAGUIBEL L, 2000)

1.5.3. Efectos sobre la Visibilidad

Uno de los efectos más evidentes de la contaminación atmosférica es la disminución de la visibilidad, lo que disminuye el bienestar, la calidad de vida de las personas y la esteticidad del paisaje. (O'RYAN R. y LARRAGUIBEL L, 2000)

1.5.4. Episodios Críticos

Los episodios de alta contaminación atmosférica, denominados episodios críticos, obligan a aplicar una serie de medidas costosas para la sociedad.¹ Entre ellas, figuran la declaración de estado de preemergencia, la paralización de procesos y actividades industriales y un aumento del total de vehículos prohibidos de circular. (O'RYAN R. y LARRAGUIBEL L, 2000)

1.6. Estrategia País

Dadas las implicancias que tiene el actual consumo residencial de leña, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) ha planteado que Chile requiere elaborar una estrategia integral que regule su consumo y que disminuya los niveles de contaminación atmosférica. Para esto ha diseñado una estrategia que incluye la colaboración del Ministerio de Energía (ME) y del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), además de algunos actores locales de las zonas afectadas. (FERNÁNDEZ, 2012)

El objetivo general de esta estrategia es “reducir el impacto negativo producido por la calefacción a leña sobre la salud de la población para, a partir del consumo eficiente de la energía, mejorar la calidad de vida de las personas que viven en el centro-sur del país.” (FERNÁNDEZ, 2012)

El lineamiento de la estrategia diseñada se sustenta en cinco ejes estructurales (FERNÁNDEZ, 2012):

- Formalización del mercado de la leña, para lo cual se pretende i) fijar normas técnicas de calidad de la leña y derivados de la madera, ii) desarrollar y difundir proyectos de centros de acopio, secado y canje de leña, iii) definir instrumentos de fomento al secado de leña, iv) fiscalizar la calidad de la leña y v) realizar seguimientos a los Acuerdos de Producción Limpia (APL).
- Regulación de la oferta y calidad de calefactores mediante la ya publicada “Norma de Emisión de Material Particulado, Para los Artefactos que Combustionen o Puedan Combustionar Leña y Derivados de la Madera”². Esta norma establece

¹ Los episodios críticos son declarados sólo si así lo establece el PDA o el PPDA.

² En adelante, la norma será citada como Norma de Emisión de Calefactores.

límites máximos de emisiones de contaminantes para artefactos comercializados a partir del próximo 1° de marzo de 2013.

- Implementación de un programa de recambio de los actuales calefactores por otros más limpios y eficientes, el cual pretende ser de carácter permanente para todas las ciudades que presenten problemas de contaminación atmosférica en donde la leña sea el componente gravitante.
- Mejorar la capacidad térmica de las viviendas, para lo cual se pretende i) explorar la posibilidad de aumentar el subsidio y cobertura de los actuales reacondicionamientos térmicos de viviendas existentes a través del “Programa de Protección al Patrimonio Familiar” del MINVU, sobre todo para zonas del sur del país donde existen temperaturas más bajas y durante períodos más extensos, ii) incorporar criterios de eficiencia energética y menor emisión en proyectos habitacionales sociales desarrollados por el MINVU y iii) formalizar un APL con empresas constructoras para mejorar el estándar térmico de las futuras viviendas..
- Desarrollo de campañas de educación y sensibilización de la población, las cuales serán llevadas a cabo mediante i) el diseño de una estrategia comunicacional de sensibilización respecto del impacto de la leña, ii) la creación de líneas del Fondo de Protección Ambiental para educación y difusión en contaminación atmosférica por quema de leña, iii) la información a la comunidad sobre cifras de incendios producto de uso inadecuado de calefactores a leña, iv) la educación sobre el etiquetado eficiente de los artefactos y v) la planificación de charlas y seminarios para potencia y posicionar la Estrategia en ciudades del sur del país.

A la fecha, el MMA ha realizado dos proyectos piloto de recambio de estufas a leña en las ciudades de Temuco, Padre Las Casas y Coyhaique, en los cuales se instalaron 829 nuevos calefactores. De igual forma, el MINVU ha realizado alrededor de 24.900 reacondicionamientos térmicos de viviendas en el período 2009-2011 en todo Chile.

Además, a la fecha existen alrededor de 86 leñerías certificadas por el Sistema Nacional de Certificación de Leña (SNCL), las cuales hasta el momento han sido de carácter voluntario.

Por último, se han realizado numerosas campañas educacionales y de sensibilización desde el año 2000 en distintas comunas (Rancagua, Temuco, Padre Las Casas, Valdivia, Osorno y Coyhaique), las que han sido en su mayoría desarrolladas por las Secretarías Regionales Ministeriales de cada región.

1.7. Alternativas de Calefacción Residencial

Actualmente existen numerosas alternativas de calefacción, entre ellas distintos tipos de estufas (a leña, pellets, gas, parafina y eléctricas), sistemas de calefacción distrital, radiadores, uso de bombas de calor, etc.

De acuerdo a las líneas de acción planteadas en la estrategia país, el Ministerio del Medio Ambiente tiene principal interés en promover el uso de estufas a leña eficientes y más limpias, estufas a pellets y el uso de calefacción distrital, las cuales hasta el momento han sido implementadas en viviendas que han sido reacondicionadas térmicamente con el objetivo de hacer un uso eficiente de la energía.

A continuación, se revisan, en forma general, algunos aspectos relevantes de las alternativas mencionadas.

1.7.1. Estufas a Leña

Las estufas a leña comercializadas hoy en Chile son altamente ineficientes y contaminantes. En el caso de la eficiencia, los estudios realizados indican que esta oscila entre un 55% y un 65% (SERPRAM, 2006), motivo por el cual existe una pérdida de calor que no se aprovecha. En el caso de las emisiones, como se mencionó anteriormente, ocurre que estas son altamente variables.

Dados los problemas medioambientales que generan estas deficiencias, el pasado 30 de julio del 2012 fue promulgada la “Norma de Emisión de Material Particulado, Para los Artefactos que Combustionen o Puedan Combustionar Leña y Derivados de la Madera”, la cual establece límites máximos de emisión para calefactores a leña comercializados a partir del 1° de Marzo del año 2013.

Si bien, esta medida permite regular las emisiones residenciales de MP, sólo se hace cargo de los futuros calefactores y no de los existentes, motivo por el cual el MMA ha desarrollado programas piloto de Recambio de Calefactores a Leña, a partir de los cuales ha sido posible implementar actualmente nuevos programas en otras ciudades.

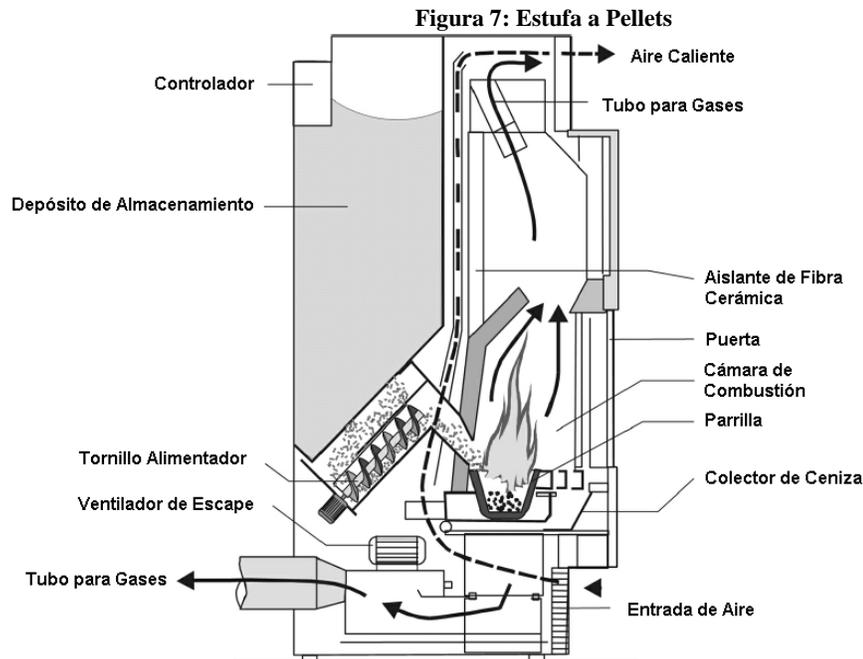
La experiencia exitosa de los dos proyectos piloto de recambio de estufas a leña realizados en Temuco-Padre Las Casas y Coyhaique, ha permitido que actualmente se estén implementando tres Programas de Recambio de Calefactores (PRC) en las ciudades de Chillán, Osorno y Valdivia. Al mismo tiempo, debido a las campañas de educación y sensibilización realizadas en las comunas, ha sido posible que la población se interese en el tema y que por lo mismo los comercializadores de artefactos importen o innoven en tecnologías más limpias y eficientes.

1.7.2. Estufas a Pellets de Madera

Las estufas a pellets son equipos que combustionan pequeños cilindros de madera (pellets) en forma automática mediante un sistema electrónico, el cual monitorea en forma permanente los parámetros de combustión de modo tal que el proceso se realice en forma óptima. (SJAAK VAN LOO y JAAP KOPPEJAN, 2008)

El uso de pellets de madera para calefacción doméstica es un fenómeno más bien reciente y su penetración en el mercado ha tenido lugar durante los últimos 10 años, principalmente en Estados Unidos y algunos países de Europa. En el caso de Chile, es una tecnología muy poco conocida, pero que cada vez es más utilizada, principalmente por su competitividad frente a otros sistemas que utilizan petróleo como combustible. (SJAAK VAN LOO y JAAP KOPPEJAN, 2008)

Las estufas a pellets están típicamente provistas de un depósito almacenador de combustible, un alimentador de combustible, un ventilador de aire de combustión, un quemador de concha y un sistema de descarga de gases de combustión (Ver Figura 7).



Fuente: SJAAK VAN LOO y JAAP KOPPEJAN, 2008

El funcionamiento está controlado por un sistema electrónico, el cual monitorea en forma permanente los parámetros de la combustión (temperatura de la habitación, revoluciones del ventilador de salida de los gases de la combustión, temperatura del estanque de pellets, temperatura de los gases de la combustión, presión de los ductos de salida de gases y velocidad del ventilador de convección), permitiendo así que esta se realice en forma continua en caso de que los parámetros estén dentro de los valores esperados. En caso contrario, la estufa entra en modo de apagado y se detiene el suministro de pellets en la cámara de combustión.

Tal como muestra la Figura 7, la alimentación de combustible en la cámara de combustión se hace a través de un tornillo sin fin desde una tolva de almacenamiento, la cual es llenada en forma manual. Por otra parte, el aire de combustión es extraído por tiro forzado mediante un ventilador ubicado en la parte inferior de la estufa, haciéndolo pasar por el intercambiador de calor para descargarlo finalmente por la parte superior. Es importante mencionar que la proporción entre el combustible y el aire de combustión debe ser tal que asegure una combustión óptima y una emisión de contaminantes mínimo, lo cual se logra gracias al control automático del sistema electrónico incorporado en la estufa.

Los gases de combustión se descargan en la parte superior de la cámara de combustión y pasan a través del intercambiador de calor en el camino antes de ser descargados mediante un ventilador de escape en la parte inferior de la estufa.

El encendido se hace por medio de un dispositivo eléctrico o mediante el mantenimiento de una llama piloto, mientras que la extracción de cenizas se debe hacer, hasta el momento, en forma manual.

Se debe destacar que las estufas a pellet funcionan con presión negativa en toda la cámara de combustión, por lo que no hay escapes de gases de combustión hacia la habitación, lo cual se traduce en una nula contaminación intradomiciliaria si la instalación de los ductos de escape es correcta y se encuentran herméticamente sellados.

Dado que la tecnología busca optimizar el proceso de combustión, se alcanzan rendimientos sobre el 84% en la gran mayoría de los equipos, pudiendo llegar incluso a valores de 94%.

Una de las principales características de las estufas, son sus bajas emisiones de contaminantes, lo cual se logra manteniendo una proporción óptima entre el aire suministrado y el combustible alimentado al interior de la cámara de combustión. Esto se traduce en bajas emisiones de CO, C_xH_y y material particulado. Las emisiones de partículas son generalmente bajas y se componen principalmente de material inorgánico.

Actualmente, la principal productora de pellets en Chile corresponde a la empresa Ecomas S.A., la cual posee alrededor del 95% del mercado nacional y mantiene una producción anual superior a las 25.000 toneladas.

1.7.3. Reacondicionamiento Térmico

El principio que rige el reacondicionamiento térmico se basa en que la aplicación de aislante conlleva a un uso más eficiente de la calefacción debido a la disminución de fugas de calor desde las viviendas hacia el exterior. Debido a esta mayor eficiencia, el consumo de combustible disminuye y así también lo hacen las emisiones y concentraciones de MP2,5.

A partir del año 1996 se han desarrollado una serie de iniciativas tendientes a mejorar la calidad de vida de las personas mediante la incorporación de variables de eficiencia energética y calidad ambiental en la construcción de viviendas, las cuales han sido impulsadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

Una de las principales iniciativas desarrolladas hasta el momento corresponde a la Reglamentación Térmica (R.T.), normativa de acondicionamiento térmico de viviendas que ha sido dividida en tres etapas. La primera de ella, vigente desde el año 2000, contempla exigencias para el complejo techumbre de viviendas. La segunda etapa, vigente desde el 2007, establece exigencias para los complejos de muros, pisos y ventanas, con lo que se completa la envolvente. Por último, la tercera etapa contempla exigencias de comportamiento global y certificación energética de viviendas y se encuentra, a la fecha, en vías de implementación.

Las exigencias de la Reglamentación Térmica establecen los valores de transmitancia térmica “U”³ mínima o de resistencia total “Rt”⁴ máxima para cada zona térmica del país, las cuales han sido definidas en resoluciones del MINVU. Las exigencias para los complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados se muestran en la Tabla 1, mientras que las exigencias para el complejo ventanas se muestran en la Tabla 2.

³ La transmitancia térmica “U” se define como el flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. El valor de “U” se determina experimentalmente según la norma NCh 851 Of.83 o bien por cálculo como se señala en la norma NCh853 Of.91. (Fuente: Manual de Aplicación Reglamentación Térmica)

⁴ La resistencia térmica total “Rt” representa la oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. El valor de “Rt” corresponde al inverso de la transmitancia térmica U de un elemento. (Fuente: Manual de Aplicación Reglamentación Térmica)

Tabla 1: Exigencias Térmicas para los Complejos de Techumbre, Muros Perimetrales y Pisos Ventilados

Zona	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	U W/m ² K	R m ² K/W	U W/m ² K	R m ² K/W	U W/m ² K	R m ² K/W
1	0,84	0,84	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	0,60	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	0,47	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	0,38	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	0,33	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	0,28	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	0,25	0,6	1,67	0,32	3,13

Fuente: Manual de Aplicación Reglamentación Térmica

Tabla 2: Exigencias Térmicas para el Complejo de Ventana

Zona	% Máximo de Superficie Vidriada Respecto a Paramentos de la Envolvente		
	Vidrio Monolítico (b)	DVH Doble Vidriado Hermético (c)	
		3,6 W/m ² K ≥ U > 2,4 W/m ² K (a)	U ≤ 2,4 W/m ² K
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

Fuente: Manual de Aplicación Reglamentación Térmica

Con el fin de cumplir la Reglamentación Térmica en todas las viviendas del país, actualmente el MINVU otorga el “Subsidio para Acondicionamiento Térmico de la Vivienda” a viviendas sociales o a viviendas cuya tasación sea inferior a las 650 UF en familias que cuentan con un máximo de 13.484 puntos en su Ficha de Protección Social. De esta manera, el subsidio permite, a través de la eficiencia energética, disminuir el consumo de calefacción y con ello los costos asociados a la compra de combustibles, además de disminuir las emisiones de contaminantes atmosféricos.

1.7.4. Calefacción Distrital

La calefacción distrital (o DH del inglés *District Heating*) es un sistema centralizado de producción de calor que entrega servicio de calefacción y/o agua caliente sanitaria (ACS) a las instalaciones conectadas al sistema. (POCH, 2010)

Los sistemas DH están compuestos por tres componentes básicos: 1) una planta de producción de calor que puede utilizar diversas de energía (petróleo, carbón, biomasa, gas, etc.), 2) una red de distribución compuesta por tuberías que transportan el vapor o el ACS hacia las instalaciones y 3) la central en vivienda que recibe el vapor o ACS y lo distribuye en el interior de esta. (POCH, 2010)

Algunas de los aspectos a considerar al momento de evaluar la factibilidad de los sistemas DH en Chile son los siguientes (POCH, 2010):

- i) La tecnología debe ser importada desde países fabricantes de calderas (como Alemania o Suiza por ejemplo).

- ii) Se requiere espacio físico para la instalación de la central, accesos adecuados para el abastecimiento de combustible, una densidad y número suficiente de viviendas y una buena aislación térmica de estas.
- iii) La experiencia de otros países indica que la gestión y administración de los sistemas DH es llevada a cabo por municipios y empresas privadas reguladas por la ley.
- iv) El sistema DH está condicionado por la disponibilidad y tipo de combustible. En el caso de Chile se descartan las fuentes de energía no renovables por ser vulnerables estratégicamente y ambientalmente contaminantes. De igual modo se descartan los residuos agroindustriales, por su baja disponibilidad y complicada logística, y la geotermia, por la alta inversión inicial y el largo plazo de desarrollo. Por otra parte, la utilización de leña, astillas, pellets y gas en algunos casos resulta ser técnicamente factible.

A la fecha, el MMA ha realizado una evaluación de factibilidad, a través de la consultora POCH, de un sistema DH para distintas instalaciones en las comunas de Temuco – Padre Las Casas. Los resultados del estudio permiten concluir que ningún proyecto resulta ser atractivo para inversionistas privados y que solo algunos resultan ser socialmente rentables, motivo por el cual estos debiesen requerir incentivos gubernamentales para su implementación.

2. Marco Conceptual

A continuación se presentan una serie de conceptos que serán utilizados en forma recurrente durante el desarrollo del trabajo. Dado que la mayoría de los estudios realizados referentes al tema han sido encargados por organismos públicos, como son el MMA, el MINVU y la Comisión Nacional de Energía (CNE), la mayoría de los conceptos han sido extraídos de normas y estudios realizados para estos organismos.

2.1. Contaminación Atmosférica

Diversas son las definiciones que se han dado para la contaminación atmosférica o del aire, pudiendo centrarse estas en los riesgos causados a los seres vivos o en el proceso de emisión de sustancias peligrosas.

Para efectos regulatorios en Chile, la contaminación atmosférica está definida por el Ministerio del Medio Ambiente como la “presencia en el medio de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente” (Artículo 2, Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente).

En el caso de Chile, la Norma Primaria de Calidad del Aire es el documento que establece los valores de concentraciones y períodos, máximos o mínimos, permisibles de contaminantes. A la fecha, la norma establece como contaminantes siete sustancias: Material Particulado Respirable (MP10), Plomo (Pb), Ozono (O₃), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO) y Material Particulado Fino Respirable (MP2,5).

2.2. Leña

En términos oficiales, la norma NCh2907 Of.2005 define la leña como cualquier “porción de madera en bruto de troncos, ramas y otras partes de árboles y arbustos, utilizada como combustible sólido residencial e industrial”.

De acuerdo a su porcentaje de humedad, se considera como “leña seca” a toda aquella leña que posea una humedad menor al 25%⁵. Para el presente estudio, la clasificación de la leña se hará bajo la definición de la norma NCh2907 Of.2005, según la cual se considera como leña húmeda a aquella cuyo porcentaje de humedad sea mayor o igual a un 25%.

Por otra parte, el consumo promedio anual de leña se entenderá como la cantidad consumida de leña por vivienda, independientemente del uso que se le dé a ésta, pudiendo ser destinada para cocinar, calefaccionar u otro uso. Este consumo no corresponde necesariamente a la cantidad de leña comprada en una vivienda, sino a la consumida o combustionada.⁶

2.3. Artefactos de Combustión

Los artefactos de combustión serán entendidos según se expresa en la Norma de Emisión de Calefactores, la cual los define como “aquel calefactor o cocina que combustiona o puede combustionar leña o derivados de la madera, fabricado, construido o armado en el país o importado, que tiene una potencia térmica nominal menor o igual a 25 kW, de alimentación manual o automática, de combustión abierta o cerrada, que proporciona calor en el espacio en que se instala, que está provisto de un ducto para la evacuación de gases al exterior”

Dada la definición anterior, los principales artefactos utilizados en Chile corresponden a las cocinas a leña, las estufas, las chimeneas, las salamandras y otro tipo de artefactos (“hechizos” principalmente). Por otra parte, los braseros no son considerados artefactos de combustión y por lo mismo no están contemplados dentro de los futuros PRC ni se considera el recambio de estos en la presente evaluación.

2.4. Rendimiento

El rendimiento (o eficiencia⁷) de los artefactos será entendido según queda establecido en la norma NCh3173 Of.2009, la cual lo define como la “relación entre el calor total que sale del artefacto y el calor total introducido en el mismo, durante el período de ensayo”. El rendimiento de los artefactos se calcula como muestra la Ecuación 1.

$$\text{Ecuación 1: Eficiencia Térmica de Artefactos de Combustión} \\ \text{Rendimiento} = 100\% - \text{Pérdidas de Energía (\%)}$$

Donde:

Rendimiento : Relación entre el calor total que sale del artefacto y el calor total introducido en el mismo, durante el período de ensayo, expresado como porcentaje.

Pérdidas de Energía: Calor disipado en los humos, por evaporación y sobrecalentamiento de la humedad producida por la combustión, por evaporación y

⁵ En base seca.

⁶ Si bien no todas las encuestas aplicadas hacen esta aclaración, se asumirá esto para las evaluaciones de este estudio.

⁷ Si bien, en algunos estudios se hace una diferencia entre el concepto de rendimiento y el de eficiencia, en este documento se utilizarán ambos conceptos indistintamente.

sobrecalentamiento de la humedad de la leña, por combustión incompleta y por carbón sin quemar en las cenizas.⁸

A pesar de que en Chile la metodología utilizada para la medición de la eficiencia de equipos corresponde a la norma NCh3173 Of.2009, existen otros métodos de medición utilizados, como el método para la certificación de artefactos ASME Power Test Code for Steam Generating Units PTC 4.1 (también designado por el nombre de ANSI PTC 4.1).

2.5. Viviendas

La vivienda será entendida bajo el concepto utilizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para el Cuestionario Censal Año 2002, de acuerdo al cual una vivienda corresponde a “todo edificio o parte de él, construido o convertido para el alojamiento permanente o temporal de personas, así como cualquier clase de albergue, fijo o móvil, ocupado como lugar de residencia habitual, sin importar cuál sea su estructura o los materiales empleados en su construcción, pudiendo constituir uno o más hogares”.

Si bien, en muchos de los inventarios de emisiones consultados se realizan encuestas que utilizan el concepto de hogar como parámetro de estudio, en la práctica una cocina o un artefacto de calefacción es compartido por una o más familias cuando estas habitan la misma vivienda. Dado esto, sin importar el número de hogares que tenga una vivienda, se tendría una cocina/calefactor por vivienda, lo que justifica la utilización de la vivienda como parámetro de contabilidad y no el hogar.

2.6. Factores de Emisión

La emisión de material particulado (MP) depende de las condiciones de operación de la combustión, entre ellas la cantidad de leña consumida, las características del combustible utilizado (humedad y especie), la tecnología o tipo de artefacto empleado y el modo de operación de este. Dadas estas variables, existen los llamados Factores de Emisión (FE), los cuales corresponden a promedios estadísticos del flujo de contaminantes emitidos por unidad de combustible procesado o por unidad de energía consumida.

Las unidades de los FE para el material particulado se miden típicamente en [gramos de MP/ kg de leña combustionada] o en [gramos de MP/ hora de combustión]. Sin embargo, pueden encontrarse también en [gramos de MP/kw].

Como se dijo anteriormente, existe una alta variabilidad en las emisiones de un mismo artefacto para pequeñas variaciones en las condiciones de operación, motivo por el cual los FE son obtenidos en forma experimental bajo condiciones de operación normadas. En el caso de la legislación chilena, las mediciones de MP y otros compuestos se realizan de acuerdo al Método CH-28 y CH-5G establecidos en la Resolución Exenta N° 1.349 del Ministerio de Salud.

En el caso de los artefactos de combustión a leña los FE están, por lo general, referidos al MP10. Dado esto, se considerará que un 96% del MP emitido de la combustión de leña corresponde a MP10, del cual el 93,1% es MP2,5.⁹

⁸ Además de las pérdidas mencionadas existen otras como por ejemplo las pérdidas de calor a través de los ductos de evacuación de gases, los cuales no dependen del artefacto en sí, sino de la instalación de estos.

⁹ Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Fino Respirable MP2,5.

2.7. Factores Emisión-Concentración

Las concentraciones de contaminantes en el aire están fuertemente determinadas no sólo por la cantidad de emisiones, sino también por las condiciones de ventilación propias de la ciudad, las cuales pueden variar de acuerdo a la época del año.

Uno de los parámetros utilizados para medir esta condición de la ciudad es el llamado Factor Emisión-Concentración (FEC), el cual tiene unidades de $[\text{kg}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)]$ y corresponde a la cantidad de emisiones necesarias para subir en una unidad la concentración de contaminante en un lugar determinado.

Dada esta definición, un FEC alto indicará que se necesita una gran cantidad de emisiones para subir la concentración en la ciudad. De forma análoga, un FEC bajo indicará que se necesitan pequeñas emisiones para subir la concentración en la ciudad.

Es importante desatacar que el FEC está fuertemente asociado a la época del año para la que ha sido calculado, por lo cual el FEC estimado en época de invierno puede ser muy distinto del estimado en verano.

3. Justificación del Trabajo de Título

De la estrategia país planteada, actualmente existen algunas labores que le competen al Ministerio del Medio Ambiente. Estas son:

- Recambio de Calefactores.
- Establecimiento de exigencias para nuevos proyectos inmobiliarios referentes a emisión de contaminantes.
- Educación y sensibilización de la comunidad.

Si bien, la contaminación atmosférica es un tema cuya responsabilidad está a cargo del Ministerio del Medio Ambiente¹⁰, las causas y algunas soluciones atañen directamente a otros organismos, como son el Ministerio de Energía (ME) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Dado esto, se hace fundamental la colaboración y el trabajo conjunto de estos y otros organismos públicos y privados para disminuir las actuales concentraciones de MP en las ciudades.

En este sentido, si bien existen investigaciones para todas las líneas, a la fecha no existen estudios que las evalúen como una estrategia integral que permitan definir la conveniencia de estas.

Por otra parte, las características demográficas, etarias, culturales, económicas, habitacionales y climáticas varían entre regiones y ciudades, por lo que el impacto de cada alternativa y los recursos a destinar en ellas podrían ser distintos en cada localidad, no pudiendo ser esto conocido hasta realizar las evaluaciones pertinentes.

Dadas las razones expuestas, el desarrollo de esta memoria pretende determinar la conveniencia, en términos económicos y de efectividad, de implementar algunas líneas de acción en tres localidades de Chile.

Según los intereses del MMA, las alternativas a evaluar corresponden al reemplazo de calefactores y al reacondicionamiento térmico de viviendas. Por e mismo motivo, las ciudades

¹⁰ Según establece el Artículo 70 de la Ley 20.417.

para las cuales se realiza la evaluación corresponden a Talca (VII Región), Temuco-Padre Las Casas (IX Región) y Coyhaique (XI Región).

De no contar con una evaluación comparativa de las alternativas, no sería posible determinar la conveniencia de estas en las tres ciudades bajo estudio, conllevando esto a una posible mala asignación de los recursos económicos.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Determinar la conveniencia de implementar tres alternativas a la calefacción residencial por leña en ciudades de distinta latitud de la zona centro-sur de Chile como medida de reducción de la contaminación atmosférica.

4.2. Objetivos Específicos

- Estimar la cantidad de contaminante bajo escenarios con y sin la implementación de las alternativas en las ciudades de Talca, Temuco-Padre Las Casas y Coyhaique.
- Estimar el beneficio económico asociado a la implementación de las alternativas en las ciudades.
- Estimar los costos de implementación en cada ciudad.
- Determinar comparativamente la conveniencia de las alternativas en cada ciudad.
- Determinar el desempeño de las alternativas frente a posibles escenarios futuros.
- Identificar posibles medidas a desarrollar para acelerar la descontaminación de las ciudades.

5. Alcances

5.1. Alternativas en Evaluación

Las alternativas a evaluar corresponden a:

- Recambio de calefactores por nuevos calefactores a pellets.
- Recambio de calefactores por nuevos calefactores a leña que cumplan ciertos requisitos de emisión de MP y de eficiencia según establece el MMA.
- Reacondicionamiento térmico de viviendas que no cumplan la Reglamentación Térmica vigente.

Los artefactos considerados para el recambio de calefactores corresponden a estufas, cocinas, salamandras y chimeneas. Se excluyen los braseros y los hornos de barro.

En el caso del reacondicionamiento térmico, se consideran las casas construidas antes del año 2007 que no cumplan alguno de los requisitos de la Reglamentación Térmica para cualquiera de los complejos.

5.2. Alcance Geográfico y Socioeconómico

Las evaluaciones se realizan para las zonas urbanas y rurales de las ciudades de Talca, Temuco-Padre Las Casas y Coyhaique.¹¹ Las ciudades de Temuco y Padre Las Casas se evalúan en forma conjunta debido a que el actual PDA en desarrollo y por tanto las medidas evaluadas e implementadas se elaboran para ambas ciudades.

Debido a la disponibilidad de información, la estimación de emisiones de MP se realiza considerando el consumo promedio de las viviendas y no el consumo por nivel socioeconómico. Pese a esto, las posibles medidas a implementar sugeridas sí incorporan este criterio y hacen una distinción para cada sector.

5.3. Contaminantes

El contaminante a reducir corresponde a Material Particulado Respirable MP2,5. Esta elección se debe a que corresponde al principal contaminante emitido en la combustión de la leña (90% del MP emitido) y a que es más dañino que el MP10 debido a su mayor poder de penetración en el sistema respiratorio.

5.4. Alcance Temporal

El alcance temporal de la evaluación está determinado por el horizonte temporal promedio de un PDA, el cual corresponde a 10 años. En el caso de Temuco-Padre Las Casas, el PDA tiene fecha de término el año 2020, por lo que la evaluación se hace hasta ese año. En el caso de Talca y Coyhaique, ciudades que aún no cuentan con un PDA, la evaluación se hace hasta el 2023 dado que se espera que la publicación de los PDA se haga el 2013.¹²

5.5. Efectos

Si bien el MP2,5 provoca diversos daños, la evaluación de las alternativas se realiza considerando sólo el impacto del contaminante en la salud de la población en el corto plazo. Este impacto considera la mortalidad, las admisiones hospitalarias y la restricción de actividades en la población.

6. Metodología

La evaluación del impacto ambiental, social y económico de las alternativas se realiza utilizando la metodología de Análisis Costo-Beneficio, el cual pretende determinar el costo de implementación de las alternativas y la valoración de la disminución de emisiones de MP2,5 sobre la población afectada. A continuación se detallan los pasos de la evaluación.

6.1. Recopilación y Análisis de Estudios Existentes para Ciudades y Alternativas

Se recopila una serie de estudios con el objetivo de identificar las principales fuentes de información y las metodologías utilizadas en evaluaciones similares. De este modo, las

¹¹ Dadas las características del MP2,5 y su poder de transporte a través de la atmósfera, la población afectada es mayor, encontrándose esta en los alrededores de los límites de las ciudades. Sin embargo, para este análisis esta población no es considerada debido a la dificultad que implica su estimación.

¹² De acuerdo a conversaciones con profesionales del MMA.

metodologías utilizadas para los distintos cálculos numéricos se utilizan como referente y son adaptadas a la situación actual de las ciudades.

Las principales fuentes de información corresponden a inventarios de emisiones de las distintas ciudades, bases de datos del INE, y estudios realizados para el MMA, el ME y el MINVU, entre otros.

6.2. Estimación de Beneficios

A pesar de que la emisión de MP2,5 tiene variados efectos, para este análisis sólo se considera el impacto en la salud de la población debido a la poca información disponible para los otros casos. Los beneficios son estimados en términos de efectos evitados (casos de mortalidad, admisiones hospitalarias y días con actividad restringida) producto de la exposición de la población a menores concentraciones de MP2,5 en las ciudades.

Los beneficios anuales son calculados de acuerdo a la Ecuación 2 presentada a continuación:

Ecuación 2: Beneficios Sociales

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

Donde:

$Beneficio_{añooprooy}$: Beneficio de un año determinado producto de la disminución de los efectos

$\Delta E_i (Población_{añooprooy})$: Cambio del número de efectos i de un año determinado

VS_i : Valor social del efecto i

El cambio de los efectos evitados se calcula mediante la Ecuación 3.

Ecuación 3: Cambio de los Efectos Evitados

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

Donde:

ΔE_{ij} : Cambio del número de efectos i en la población j debido al cambio de concentraciones de MP2,5

β_{ij} : Coeficiente de relación concentración-respuesta en métrica diaria¹³ del efecto i en la población j

ΔC : Cambio anual de la concentración de MP2,5

Pop_j : Número de personas del grupo j expuesta a MP2,5

IR_{ij} : Tasa de incidencia¹⁴ del efecto i en la población j en métrica diaria

Los efectos analizados, así como los grupos etarios afectados, se muestran a continuación en la Tabla 3.¹⁵

¹³ El coeficiente de relación concentración-respuesta representa la respuesta biológica del ser humano a determinada concentración de MP2,5, por lo que no cambian al ser aplicados en distintas ciudades. La métrica diaria es equivalente a la métrica aguda que aparece en los estudios consultados.

¹⁴ Las tasas de incidencia corresponden a la cantidad de personas afectadas del total de población expuesta y es un valor que sí varía de ciudad en ciudad.

Tabla 3: Efectos Estudiados

Efectos	Causa	Sigla	Grupo de Edad	Exposición
Mortalidad Prematura ¹⁶	Todas	-	Todos	Aguda
Admisiones Hospitalarias	Asma	ASTH	Adultos Niños	Aguda Aguda
	Cardiovascular	CVD	Adultos Adultos Mayores	Aguda Aguda
	Disritmia	DYS	Adultos Mayores	Aguda
	Enf. Respiratoria Crónica	CLD	Adultos Adultos Mayores	Aguda Aguda
	Neumonía	PNEU	Adultos Mayores	Aguda
	Respiratorias	RSP	Adultos Mayores	Aguda
	Enf. Cardio Congestivas	CHF	Adultos Mayores	Aguda
	Enf. Cardio Isquémicas	IHD	Adultos Mayores	Aguda
Restricción de Actividad	Días Laborales perdidos	WLD	Adultos	Aguda
	Días con Act. Restringida	RAD	Adultos	Aguda
	Días con Act. Restringida Leve	MRAD	Adultos	Aguda

Fuente: Elaboración Propia en base a estudio de GreenLabUC, 2011a

Para esta evaluación, la población *j* corresponde a una división de la población según grupos etarios, correspondiendo esta división a niños (0-17 años), adultos (18-64) y adultos mayores (mayores de 65 años). Los grupos etarios para cada año fueron calculados según las proyecciones de población del INE.¹⁷

Los coeficientes de relación concentración-respuesta y las tasas de incidencia utilizados (Tabla 4 y Tabla 5) corresponden a los valores recomendados en el estudio “Guía Metodológica para la Elaboración de un AGIES para instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” desarrollado por GreenLabUC (2011a).

¹⁵ Si bien existen otros tipos de efectos (como por ejemplo mortalidad prematura por causa cardiovascular, visitas médicas por infecciones respiratorias agudas (IRA) y pérdida de productividad por pérdida escolar), estos no fueron considerados debido a la no disponibilidad de alguno de los datos.

¹⁶ Entendido como el fallecimiento de cualquier persona, por causa evitable, antes de llegar al número de años que se espera vivirá en promedio (esperanza de vida).

¹⁷ Ver Anexo 11.2.

Tabla 4: Coeficientes de Relación Concentración-Respuesta para la Exposición a Corto Plazo de MP2,5

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	Exposición	Métrica	Inc. por 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fuente
Mortalidad Prematura	-	Todos	Aguda	Media 24h	1,2%	Cifuentes et al, 2000
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	Aguda	Media 24h	3,4%	Sheppard, 2003
		Niños	Aguda	Media 24h	3,3%	Dockery et al, 1989
	CVD	Adultos	Aguda	Media 24h	1,5%	Moolgavskar, 2000
		Adultos Mayores	Aguda	Media 24h	1,6%	Moolgavskar, 2003
	DYS	Adultos Mayores	Aguda	Media 24h	1,3%	Ito, 2003
	CLD	Adultos	Aguda	Media 24h	2,4%	Moolgavskar, 2000
		Adultos Mayores	Aguda	Media 24h	1,2%	Ito (2003)
	PNEU	Adultos Mayores	Aguda	Media 24h	4,1%	Ito (2003)
	RSP	Adultos Mayores	Aguda	Media 24h	3,1%	Pooled
	CHF	Adultos Mayores	Aguda	Media 24h	3,1%	Ito (2003)
IHD	Adultos Mayores	Aguda	Media 24h	1,4%	Ito (2003)	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	Aguda	Media 24h	4,7%	Ostro, 1987
	RAD	Adultos	Aguda	Media 24h	4,9%	Ostro , 1987
	MRAD	Adultos	Aguda	Media 24h	7,7%	Ostro and Rothschild, 1989

Fuente: GreenLabUC, 2011a

Tabla 5: Tasas de Incidencia para la Exposición a Corto Plazo de MP2,5

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	Exposición	Tasa de Incidencia (por cada 100.000 habitantes)		
				VII Región	IX Región	XI Región
Mortalidad Prematura	-	Todos	Aguda	544,5	448,1	556,1
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos	Aguda	20,0	38,0	69,0
		Niños	Aguda	21,0	44,0	64,0
	CVD	Adultos	Aguda	305,0	443,0	585,0
		Adultos Mayores	Aguda	3.233,0	4.039,0	4.445,0
	DYS	Adultos Mayores	Aguda	375,0	518,0	845,0
	CLD	Adultos	Aguda	71,0	197,0	255,0
		Adultos Mayores	Aguda	743,0	2.105,0	2.678,0
	PNEU	Adultos Mayores	Aguda	2.418,0	3.167,0	3.241,0
	RSP	Adultos Mayores	Aguda	4.047,0	5.998,0	7.124,0
CHF	Adultos Mayores	Aguda	740,0	693,0	940,0	
IHD	Adultos Mayores	Aguda	179,0	325,0	176,0	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	Aguda	136.396,0	136.396,0	136.396,0
	RAD	Adultos	Aguda	646.050,0	646.050,0	646.050,0
	MRAD	Adultos	Aguda	780.005,0	780.005,0	780.005,0

Fuente: GreenLabUC, 2011a

6.2.1. Estimación de la Concentración de MP2,5 Reducida

Para calcular la disminución de las concentraciones de MP2,5 se calculan las emisiones de éste para el escenario base y para los distintos escenarios que contemplan la implementación de alguna de las alternativas.

Las concentraciones de MP2,5 se calculan de acuerdo a la Ecuación 4.

Ecuación 4: Concentración de MP2,5

$$C^t \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) = \frac{E^t(ton)}{FEC \left(\frac{ton}{\frac{\mu g}{m^3}} \right)}$$

Donde:

$C^t \left(\frac{\mu g}{m^3} \right)$: Concentración ambiental de MP2,5 en el año t.

$FEC \left(\frac{ton}{\frac{\mu g}{m^3}} \right)$: Factor Emisión-Concentración.

$E^t(ton)$: Emisión de MP2,5 para el año t.

6.2.1.1. Estimación de las Emisiones de MP2,5

- a. Escenario Base: Escenario sin Implementación de Medidas

Las emisiones de MP2,5 para el escenario base se calculan considerando el actual consumo de leña y las características de ésta, el parque de artefactos de combustión y las condiciones de operación de ellos. De esta manera, las emisiones de MP2,5 en cada ciudad son calculadas de acuerdo a la Ecuación 5:

Ecuación 5: Estimación de MP2,5 Emitido

$$E^t(ton) = \sum_j (FE_j * Na_j) ,$$

Donde:

$E^t(kg)$: Emisiones de MP2,5 en el año t [kg]

FE_j : Factor de Emisión del MP2,5 para el artefacto del tipo j [gr de MP2,5/kg combustible combustionado]

Na_j : Nivel de Actividad, definido por el consumo anual de combustible asociado al artefacto j [kg/año]

Los FE para el MP2,5 (Tabla 6) corresponden a los FE del MP10 ponderados por un factor de 0,931.¹⁸ Estos valores no consideran la especie del combustible como variable relevante debido a que no se cuenta con información al respecto.

¹⁸ Los FE del MP10 se encuentran en el Anexo 11.14. Como se mencionó anteriormente, el 93,1% del MP10 emitido por combustión a leña corresponde a MP2,5.

Tabla 6: Factores de Emisión para MP2,5

Artefactos	Factores de Emisión MP2,5 [g MP2,5 / kg combustible]		
	Humedad 0-20 (%) ¹⁹	Humedad Mayor a 20 (%)	Mala Operación ²⁰
Cocina	17,9	28,8	-
Estufa Actual con Cámara Simple	14,2	22,5	70,76
Estufa Actual con Cámara Doble	14,2	22,5	70,76
Salamandras	14,8	26,0	-
Chimeneas	15,5	26,0	-
Braseros	13,3	21,0	-
Estufa Comercio General ²¹	2,10 ²²	3,3 ²³	70,8 ²⁴

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de los niveles de actividad de cada año, se considera el crecimiento del número de calefactores²⁵, la tasa natural de recambio²⁵, la demanda de calefacción²⁶ y los hábitos de consumo actuales (nivel de humedad y modo de operación de los artefactos).²⁷

Las emisiones totales de MP2,5 en las ciudades se calculan considerando las emisiones provenientes de los distintos artefactos que combustionan leña y las provenientes de otras fuentes como transporte, quemas agrícolas, etc. Para calcular las proyecciones de otras fuentes se consideran las estimaciones de los inventarios realizados para cada ciudad y el crecimiento económico regional entre los años 2008 y 2011 a través del INACER.

b. Escenario 1: Recambio de Calefactores a Pellets

Para calcular el consumo de pellets en las ciudades, se calcula la demanda actual de calefacción en función de la cantidad de leña consumida, el nivel de humedad de la misma y la eficiencia de los artefactos. Posteriormente, considerando la eficiencia de los calefactores a pellets, el poder calorífico de este y la energía demandada, se calcula la cantidad de pellets a combustionar y la correspondiente emisión de MP2,5 por estufa (dado por el FE correspondiente a un artefacto a pellets).²⁸

Dado que la gran mayoría de los equipos comercializados en Chile son importados y tienen certificaciones de organismos internacionales, se asume que el FE de ellos corresponde al valor presentado en el estudio “PM2.5 Emission Reduction Benefits of Replacing Conventional

¹⁹ La humedad de 20% está expresada en base húmeda, equivalente a 25% en base seca.

²⁰ Equivalente a uso de tiraje cerrado.

²¹ Estufa comercializada a partir del 1° de marzo de 2013.

²² Valor correspondiente a la conversión de 2,5 g/hr, el cual ha sido calculado en base a cálculos realizados por profesionales del MMA. El valor de 2,5 gr/hr corresponde al valor permitido por la Norma de Emisión de Calefactores para calefactores que se comercialicen a partir del 1° de marzo del año 2013.

²³ Se asume, para ambos calefactores, que la emisión de MP2,5 con utilización de leña húmeda aumenta en la misma proporción que en el caso de los antiguos calefactores. De esta manera, la emisión de un artefacto operado con leña húmeda es 1,58 veces la emisión del mismo calefactor operado con leña seca.

²⁴ Se asumirá el mismo valor de las estufas antiguas debido a la alta variabilidad de las emisiones bajo modo de operación con tiraje cerrado y dado que no se han realizado estudios para determinar la emisión de MP bajo este modo de operación para los nuevos equipos.

²⁵ Ver Anexo 11.28.

²⁶ Ver Anexo 11.260.

²⁷ Ver Anexo 11.5 y Anexo 11.6.

²⁸ El procedimiento de cálculo se muestra en el Anexo 11.27.2.

Uncertified Cordwood Stoves with Certified Cordwood Stoves or Modern Pellet Stoves” (OMNI Environmental Services, Inc., 2005), el cual se estima en 1,19[g MP2,5/kg combustible].²⁹

La cantidad de recambios a realizar corresponde, al igual que en el caso del Recambio de Calefactores a Leña y el Reacondicionamiento Térmico, a la mínima cantidad de unidades necesarias para lograr la concentración objetivo al término del período de evaluación en cada ciudad.

Al igual que en el Escenario Base, se considera el crecimiento del número de calefactores, la tasa natural de recambio, los hábitos de consumo actuales y las emisiones provenientes de otras fuentes.

c. Escenario 2: Recambio de Calefactores a Leña

La emisión de MP2,5 es calculada en función de la nueva cantidad de combustible necesario (la que debiese ser menor al consumo actual producto de la mayor eficiencia del artefacto) y de los factores de emisión (FE) del nuevo equipo. Para los cálculos se asumen los mismos hábitos de consumo (mismas especies y humedades de leña y el mismo comportamiento respecto al modo de operación).

Las eficiencias y los FE de los equipos a recambiar se muestran en las Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7: Eficiencia de Artefactos Recambiados por el MMA

Ciudad	Eficiencia [%] ³⁰
Talca	70%
T-PLC	70%
Coyhaique	84%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Factor de Emisión Estufa a Leña Recambiada por el MMA

Artefacto	Factores de Emisión MP2,5 según Humedad de la Leña y Tipo de Operación [g/kg combustible]		
	0% - 20%	Mayor a 20% ³¹	Mala Operación ³²
Estufa Recambio MMA	1,25 ³³	2,0	70,8

Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en el escenario base, se consideran las emisiones de MP2,5 proveniente de otras fuentes.

²⁹ El valor presentado en el estudio corresponde al promedio de las emisiones de MP2,5 medidas en estufas a pellets en Estados Unidos, el cual está estimado en 2,5 [lb MP2,5/ton combustible] (o equivalentemente 1,19 gr/kg de combustible).

³⁰ Las eficiencias utilizadas corresponden, en el caso de Talca y T-PLC, a la eficiencia mínima exigida en los PRC pilotos desarrollados (este 70% corresponde al valor mínimo que se espera sea exigido por el Ministerio de Energía para los futuros equipos de calefacción a leña comercializados en el país). En el caso de Coyhaique, se utiliza un 84% dado que corresponde a la eficiencia del equipo recambiado el año 2011.

³¹ Se asume, para ambos calefactores, que la emisión de MP2,5 con utilización de leña húmeda aumenta en la misma proporción que en el caso de los antiguos calefactores. De esta manera, la emisión de un artefacto operado con leña húmeda es 1,58 veces la emisión del mismo calefactor operado con leña seca.

³² Se asumirá el mismo valor de las estufas antiguas debido a la alta variabilidad de las emisiones bajo modo de operación con tiraje cerrado y dado que no se han realizado estudios para determinar la emisión de MP bajo este modo de operación para los nuevos equipos.

³³ Valor correspondiente a la conversión de 1,5 g/hr, el cual ha sido calculado en base a cálculos realizados por profesionales del MMA. El valor de 1,5 gr/hr corresponde a la emisión máxima permitida en el PDA de Temuco y Padre Las Casas. De este modo, se asume que los futuros calefactores recambiados por el MMA tendrán el mismo límite de emisión que los ya recambiados.

d. Escenario 3: Reacondicionamiento Térmico

Para estimar las emisiones de MP2,5 en viviendas reacondicionadas se calculan las demandas de calefacción de las distintas tipologías aisladas térmicamente y, al igual que en los escenarios anteriores, se consideran las características de la leña y los modos de operación de los distintos artefactos de combustión.

Para estimar la demanda de calefacción en las viviendas se definen las tipologías presentes en cada ciudad. Para ello se utilizan las tipologías presentadas en los estudios “Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas” (Ambiente Consultores Ltda. – PRIEN Universidad de Chile, 2007) y “Estudio de Usos Finales y Curva de la Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial” (CDT, 2011), las cuales son modificadas de acuerdo a características propias de las ciudades.³⁴

La cantidad de aislante a aplicar en cada tipología depende de los materiales de construcción de cada una y de las exigencias que establece la Reglamentación Térmica (R.T.) en cada zona. Dado esto, y puesto que el objetivo es lograr una concentración de 20 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], se decidió aplicar en cada tipología la máxima cantidad posible de resistir (en forma teórica y a juicio de expertos) o a la mínima necesaria para cumplir la Reglamentación Térmica (esto para el caso en que la cantidad máxima teórica no cumpla la R.T.).³⁵

Posterior a esto, y con la vivienda ya reacondicionada, se calcula la demanda anual de calefacción mediante el Método Grados Hora definido según indica la Ecuación 6. Si bien el método utilizado es deficiente debido a que sólo considera la temperatura exterior y excluye variables como orientación de las viviendas, dirección de vientos, radiación o vegetación, es hasta el momento el método oficial utilizado en diversos estudios realizados para el MINVU.

Ecuación 6: Demanda de Calefacción

$$Q = G * V * \sum_{i=1}^n (T_b - T_{ext,i})$$

Donde:

Q : Demanda anual de calefacción [W]

G : Coeficiente Volumétrico de Transferencia de Calor de la vivienda [$\frac{W}{m^3 * ^\circ C}$]

V : Volumen de la construcción [m^3]

i : Mes en que se utiliza calefacción

T_b : Temperatura base, correspondiente a la temperatura hasta la cual calienta el artefacto de calefacción [$^\circ C$]

$T_{ext,i}$: Temperatura exterior promedio en el mes i [$^\circ C$]

Una de las discusiones que siempre surge en este tipo de estudio tiene relación con la Temperatura Base elegida, la que usualmente fluctúa entre 15 $^\circ C$ a 17 $^\circ C$. La importancia de este valor radica en que, de ser mal elegido, puede generar sobrestimaciones o subestimaciones de las demandas de calefacción y con ello de las emisiones y concentraciones de MP2,5.

Para poder comparar la alternativa de Reacondicionamiento Térmico con el Escenario Base, se hace fundamental tener un punto de relación entre ambas metodologías. Una manera de lograr esto es mediante la igualación de las emisiones obtenidas mediante el Método Grados Hora

³⁴ Las tipologías de viviendas se detallan en el Anexo 11.17 y 11.18.

³⁵ La cantidad de aislante aplicado en cada tipología se muestra en el Anexo 11.25.

y las obtenidas en el Escenario Base, para lo cual es necesario estimar por inspección la Temperatura Base y no suponerla como usualmente se hace. Si bien, este modo de cálculo es inusual, es a la vez completamente necesario si el objetivo es comparar alternativas cuyas metodologías son muy distintas entre sí.

El resto de las variables de la Ecuación 6 están determinadas por condiciones propias de la ciudad, como es el caso de las temperaturas exteriores, o son estimadas de acuerdo a las características de la vivienda, como es el caso del coeficiente G calculado mediante la Ecuación 7.

Ecuación 7: Coeficiente Volumétrico de Transferencia de Calor

$$G = \frac{\sum A_p * U_p + \sum A_t * U_t + \sum A_v * U_v + S}{V} + 0,35 * N$$

Donde:

- A_p : Superficie de paredes exteriores [m²]
- U_p : Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las paredes exteriores [W/m²*K]
- A_t : Superficie del techo de la construcción [m²]
- U_t : Coeficiente Global de Transferencia de Calor del techo [W/m²*K]
- A_v : Superficie de las ventanas de la construcción [m²]
- U_v : Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las ventanas [W/m²*K]
- S : Pérdida de calor por el piso [W/K]³⁶
- N : Número de renovaciones de aire por hora³⁷

El cálculo de U está dado según la materialidad de la vivienda y el material elegido para su reacondicionamiento. Su valor se calcula de acuerdo a la Ecuación 8

Ecuación 8: Coeficiente Global de Transferencia de Calor

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{U_{i,0}} + \frac{e}{\lambda}}$$

Donde:

- U_i : Coeficiente Global de Transferencia de Calor para el complejo i, pudiendo ser i el complejo de techumbre, muros o ventanas [W/m²*K]
- $U_{i,0}$: Coeficiente Global de Transferencia de Calor para el complejo i en la vivienda sin reacondicionamiento térmico [W/m²*K]
- e : Espesor del aislante [m]
- λ : Conductividad térmica del aislante [W/m*K]

La cuantificación de las tipologías se hace considerando el número de viviendas construidas antes del año 2000 (que no cumplen ninguna de las exigencias de la Reglamentación Térmica) y las viviendas construidas en el período 2000-2007 (que sólo cumplen las exigencias para el complejo techumbre). Además, se considera, dentro de este parque, el porcentaje que declara consumir leña como combustible de calefacción.³⁸

³⁶ Dado según las pérdidas por metro de perímetro exterior del piso según la Norma Chilena NCh853 Of.91.

³⁷ Se considera un valor de una renovación de aire por hora para el caso de viviendas reacondicionadas, valor que corresponde a lo recomendado por el Ministerio de Salud (MINSAL).

³⁸ Ver Sección 11.4.11.4

6.2.1.2. Factor Emisión- Concentración

Dado que no se cuenta con estudios que indiquen la relación entre las emisiones de MP2,5 y las concentraciones de este en las ciudades, se calcula un Factor Emisión-Concentración (FEC) para cada ciudad basado en las concentraciones registradas por las estaciones de monitoreo y la emisión de MP2,5 estimada para distintos años.

Los valores C_i^t ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) son obtenidos a partir de los registros del SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire) para las concentraciones totales de MP10 en las ciudades durante el período 2005-2011. Dado que la evaluación se hace para MP2,5 producto de la combustión residencial por leña, se considera la contribución de la combustión de leña al valor total de MP10 y el porcentaje de MP2,5 contenido en este³⁹.

El FEC de cada ciudad se calcula como el promedio de los FEC obtenidos para cada año en base a las concentraciones disponibles entre los años 2005 y 2011.

6.2.2. Valorización de los Efectos

El valor social de los efectos puede ser estimado de acuerdo a dos enfoques. El primero de ellos estima los costos de acuerdo a la disposición a pagar de la población por disminuir los riesgos en salud, mientras que el segundo estima los costos que representan los efectos considerando el tratamiento de la enfermedad y la pérdida de productividad.

Debido a que en Chile no se han realizado estudios para estimar la disposición a pagar por evitar casos de mortalidad, admisiones hospitalarias o días de pérdida de actividad, se utilizará el segundo enfoque, el cual además es mucho más conservador y objetivo.

En el caso de las admisiones hospitalarias y la restricción de actividades, los valores utilizados corresponden a los valores propuestos por GreenLabUC (2011b), los cuales fueron obtenidos mediante la actualización al año 2009 de los valores presentados en los estudios desarrollados por Cifuentes, Prieto y Escobar (2000) y Holtz (2000).

En el caso del costo por caso de mortalidad prematura, se considera un valor de 3.133 UF, el cual corresponde al valor presentado en el estudio “Estimación de los Costos de Fallecimiento Prematuro a Través del Enfoque de Capital Humano” elaborado por el Departamento de Metodologías del Ministerio de Desarrollo Social (2011). El valor presentado, llamado también “Capital Humano”, corresponde a la estimación de la pérdida de productividad futura como consecuencia de una muerte prematura en Chile,⁴⁰ y es calculado como el valor presente de sus ganancias futuras esperadas. Como se señala en el estudio, el Capital Humano puede entregar subestimaciones de la verdadera disposición a pagar de las personas para evitar casos de mortalidad prematura, por lo que el valor utilizado en esta evaluación se considera una cota inferior del costo.

Los valores de los efectos estudiados se muestran a continuación en la Tabla 9.

³⁹ Se considera que el 93,1% del MP10 emitido por combustión de leña corresponde a MP2,5.

⁴⁰ Tal como se indica en el estudio, el valor calculado corresponde a un promedio ponderado que considera toda la población nacional, la población empleada u ocupada en labores productivas, el ingreso medio anual, la tasa de aumento de la productividad de la población y la tasa social de descuento, entre otros factores. Una de las ventajas del valor utilizado es que es obtenido a partir de datos concretos y comprobables, por lo que los resultados obtenidos son robustos.

Tabla 9: Valoración de Efectos Considerados (UF/caso)

Efectos	Causa	Sigla	Grupo de Edad	Valor UF/caso
Mortalidad Prematura	Todas	MST	Todos	3.133,00
Admisiones Hospitalarias ⁴¹	Asma	ASTH	Adultos Mayores	24,10
			Niños	22,10
	Cardiovascular	CVD	Adultos	48,90
			Adultos Mayores	48,70
	Disritmia	DYS	Adultos Mayores	48,10
	Enf. Respiratoria Crónica	CLD	Adultos	31,00
			Adultos Mayores	31,60
	Neumonía	PNEU	Adultos Mayores	34,20
Respiratorias	RSP	Adultos Mayores	34,10	
Enf. Cardio Congestivas	CHF	Adultos Mayores	31,60	
Enf. Cardio Isquémicas	IHD	Adultos Mayores	24,40	
Restricción de Actividad ⁴²	Días Laborales perdidos	WLD	Adultos	0,72
	Días con Act. Restringida	RAD	Adultos	0,21
	Días con Act. Restringida Leve	MRAD	Adultos	0,00

Fuente: GreenLab UC, 2011b

6.3. Estimación de Costos

Los costos de implementación de las alternativas consideran la inversión y los costos operacionales. Para las tres alternativas, estos ítems son estimados tomando como referencia los proyectos piloto ya desarrollados en cada ciudad y los precios de mercado actuales.

6.3.1. Costos Alternativa de Calefactores a Pellets

En el caso de la alternativa de recambio de calefactores a pellet, los costos de inversión consideran el valor del equipo, los complementos necesarios para su operación,⁴³ los costos operacionales de instalación y de administración y, por último, la destrucción de los antiguos artefactos. Por otra parte, los costos de mantención sólo consideran la compra del nuevo combustible y el uso de electricidad, excluyendo el costo de limpieza del equipo dado que son valores mínimos que pueden ser o no incurridos dependiendo del usuario.

La elección del calefactor a pellets se hace considerando la mejor tecnología disponible y el menor precio de mercado. Dado esto, el equipo seleccionado corresponde al calefactor Marca ARTEL Modelo “Línea Cerámica M, Finitura Stone-Wood”. Los datos técnicos del equipo se muestran en la Tabla 10.⁴⁴

⁴¹ Los costos corresponden a los costos médicos asociados a las hospitalizaciones incurridos por FONASA y CENABAST.

⁴² Los costos por restricción de actividades corresponden, tal como se indica en el estudio, a los costos asociados a los días de licencia como consecuencia de los casos de enfermedades.

⁴³ Los complementos se refieren al kit de instalación que contempla los ductos de escape del humo, las aislaciones térmicas necesarias, etc.

⁴⁴ Los datos corresponden a los datos técnicos del equipo medidos y certificados en laboratorio, los cuales fueron proporcionados por BIOMASS (empresa comercializadora en Chile). El precio presentado corresponde al valor ofrecido por representantes de BIOMASS en conversaciones con el MMA. En el Anexo 11.20 se encuentra el detalle de las estufas a pellet comercializadas actualmente en Chile.

Tabla 10: Datos Técnicos Estufa a Pellet

Eficiencia Máxima-Mínima %	Potencia Nominal Máxima-Mínima [Kw]	Consumo Eléctrico [W]	Precio (sin IVA)
92,7 – 90,5	8,02 – 2,64	100 - 300	\$542.900

Fuente: Elaboración Propia

Los costos para cada ciudad se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11: Costos Alternativa Recambio de Calefactores a Pellets

Ciudad	Equipo [UF] ⁴⁵	Combustible [\$/kg pellet] ⁴⁶	Electricidad [\$/Kwh] ⁴⁷	
Talca	32,13	\$168	Verano	104
			Invierno	152
T-PLC	32,13	\$155	Verano	115
			Invierno	178
Coyhaique	33,22	\$168	Verano	136
			Invierno	222

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo del consumo de electricidad se considera el período de uso de calefacción y con ello la tarifa mensual a pagar. Los meses sujetos a uso de calefacción en las ciudades se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12: Meses Sujetos a Uso de Calefacción

Ciudad	Período Uso de Calefacción	Meses de Invierno	Meses de Verano
Talca	Abril - Septiembre ⁴⁸	5	0
T-PLC	Marzo - Octubre ⁴⁹	6	2
Coyhaique	Febrero - Noviembre ⁵⁰	6	4

Fuente: Elaboración Propia

6.3.2. Costos Alternativa de Calefactores a Leña

En el caso de la alternativa de recambio de calefactores a leña, los costos consideran el valor del equipo, los complementos, los costos operacionales de instalación y administración y la destrucción de los antiguos artefactos. En este caso, el costo de mantención considera la nueva cantidad de leña a consumir producto de la mayor eficiencia del equipo y, al igual que en el caso anterior, se excluyen los costos de limpieza del artefacto.

⁴⁵ Considera los costos del equipo, complementos, instalación, administración y destrucción de artefactos antiguos.

⁴⁶ Precio promedio del combustible. Consultado con distintos proveedores en las ciudades.

⁴⁷ Precios promedio de la electricidad al mes de mayo del año 2012. Obtenidos de la publicación mensual de tarifas de las distintas empresas distribuidoras de la ciudad.

⁴⁸ Considera 5 meses de invierno correspondiente a los meses entre mediados de abril y mediados de septiembre. Fuente: “Inventario de Emisiones de Contaminante Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por MP10 en la Ciudad de Talca”. AMBIOISIS, 2009.

⁴⁹ Considera 8 meses de invierno correspondiente a los meses entre mediados de marzo y mediados de octubre. Fuente: “Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas” DICTUC, 2008.

⁵⁰ Aunque en la práctica las estufas se prenden durante todo el año, es durante los meses de febrero y noviembre el período donde se concentra el consumo de leña, por lo que se considera 10 meses de invierno. Fuente: “Propuesta de una Metodología para el Estudio de la Demanda de Leña en Coyhaique y Puerto Aysén”. INFOR, 2004.

Tabla 13: Costos Alternativa Recambio de Calefactores a Leña

Ciudad	Equipo [UF] ⁵¹	Combustible	
		[\$/m ³] ⁵²	[\$/kg]
Talca	12,97	25.000	-
T-PLC	12,97	-	105 ⁵³
Coyhaique	12,30	30.000	-

Fuente: Elaboración Propia

6.3.3. Costos Alternativa de Reacondicionamiento Térmico

Para la alternativa de reacondicionamiento térmico, se consideraron los costos de los aislantes, sellado de infiltraciones, mano de obra en cada ciudad y transporte de materiales.

Todos los costos fueron estimados en base a precios actuales consultados directamente con proveedores o por medio de actualizaciones de precios consultados en estudios anteriores.

Dado que las cantidades de aislante a aplicar es importante, se privilegió el uso de un producto barato en cantidad y costoso en mano de obra. A la vez, se privilegió también un producto de fácil instalación que permitiera una baja existencia de fugas en los puntos de unión de los tabiques y muros. En base a estos requisitos, se decidió aplicar Lana de Celulosa Marca Celestron, cuyas especificaciones se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14: Detalles Técnicos Material Aislante

Producto	Nombre Comercial	Institución	Densidad Nominal [Kg/m ³]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Formato Presentación	Precio s/IVA [\$/kg]
Lana de Celulosa	Termo-Stop	Celestron Ltda.	22,8	0,042	Granel	540

Fuente: Celestron S.A.

En el caso del sellado de infiltraciones, se asignó un valor de 0,3536 UF por vivienda, el cual fue determinado con encargados del MMA en base a casos de reacondicionamientos térmicos ya realizados en distintas ciudades. En el caso de las ventanas se asumió un valor de 6,11 UF/m², el cual corresponde a la actualización del valor utilizado en el estudio “Preinversional para el Reacondicionamiento Térmico del Parque de Viviendas Existentes” (Ambiente Consultores y PRIEN Universidad de Chile, 2007).

Por último, los costos de mano de obra y de traslado de materiales fueron estimados mediante referencias entregadas por ingenieros civiles de distintas empresas constructoras y se muestran en la Tabla 15.

⁵¹ Considera los costos sin IVA del equipo, complementos, instalación, administración y destrucción de artefactos antiguos.

⁵² Precio al año 2012 de la leña. Consultado directamente con gente de la zona.

⁵³ Precio obtenido del documento “Estudio Comparación de Precios y Calidad de la Leña en Época de Invierno en Valdivia, Temuco y Gran Concepción” desarrollado por John O’Ryan Surveyors S.A. (2011).

Tabla 15: Costos de Mano de Obra y Flete⁵⁴

Ciudad	Mano de Obra [\$/m ²]			Flete [\$/ton]
	Muros	Cielo	Piso	
Talca	\$ 2.703	\$ 2.407	\$ 2.703	\$ 23.901
T-PLC	\$ 3.514	\$ 3.129	\$ 3.514	\$ 62.961
Coyhaique	\$ 3.784	\$ 3.370	\$ 3.784	\$ 153.357

6.4. Criterios de Selección de Alternativas

Para determinar la conveniencia de cada alternativa se utilizan tres criterios de selección, los cuales son aplicados en orden con el fin de descartar aquellos menos convenientes. Los criterios utilizados corresponden, en orden de aplicación, al VAN⁵⁵, a la efectividad y a la eficiencia de cada alternativa.

Dado que el objetivo del MMA es lograr una concentración de 20 [µg/m³], no se utiliza el VAN de la evaluación como criterio de selección de las alternativas, sino como mecanismo de descarte de aquellas que no sean rentables socialmente. De esta manera, sólo se consideran alternativas que presentan VAN positivo para una tasa de descuento de 6%.

El segundo criterio utilizado corresponde a la efectividad de la alternativa, la cual será evaluada en base a las concentraciones de MP2,5 obtenidas al final del período. Dado esto, se elegirá aquella alternativa que presente la me⁵⁶nor concentración al último año de la evaluación.

Por último, en caso de tener dos alternativas cuya diferencia de concentraciones sea similar y menor a 3[µg/m³], se utilizará un tercer criterio de selección, el cual mide la eficiencia de la alternativa mediante el indicador BC definido en la Ecuación 9. La alternativa elegida corresponderá a aquella que presente los mayores beneficios y los menores costos, lo que se traduce en un mayor indicador BC.

Ecuación 9: Indicador CB

$$BC_i = \frac{Beneficios_i}{Costos_i}$$

Donde:

- BC_i : Indicador de eficiencia para la alternativa i
- $Beneficios_i$: Beneficios generados por la implementación de la alternativa i a valor presente [UF]⁵⁷
- $Costos_i$: Costos asociados a la implementación de la alternativa i a valor presente [UF]⁵⁸

⁵⁴ Los costos de mano de obra fueron calculados en base a los costos entregados por Celestron Ltda. para la ciudad de Santiago, a partir de los cuales se asignaron los mismos valores para la ciudad de Talca y un aumento de 30% y 40% para las ciudades de T-PLC y Coyhaique respectivamente (de acuerdo a las recomendaciones de ingenieros de empresas constructoras). Por otra parte, los costos de transporte fueron calculados considerando el costo actual de \$700.000 por un flete a la ciudad de Osorno (valor consultado con empresas constructoras).

⁵⁵ Valor Actual Neto.

⁵⁶ El valor de 6% corresponde a la tasa utilizada para la evaluación de proyectos sociales realizados por el MMA.

⁵⁷ Incluye los ahorros de combustible y los casos de mortalidad, admisiones hospitalarias y DLP evitados.

⁵⁸ Incluye la inversión y los costos operacionales de los equipos.

6.5. Análisis de Sensibilidad

Para estimar la conveniencia de cada alternativa frente a futuros cambios en alguno de los parámetros relevantes, se realiza un análisis de sensibilidad para las variables de Mala Operación, Humedad de la Leña, Precio del Combustible, Precio de la Tecnología y Costo de un Caso de Mortalidad.

6.6. Visitas a Terreno

Con el objetivo de conocer posibles dificultades de implementación de las alternativas y/o medidas a considerar, se contemplan distintas entrevistas a leñeros, profesionales de ministerios, comerciantes relacionados, etc.

7. Resultados

7.1. Artefactos Recambiados y Viviendas Reacondicionadas

El número de artefactos recambiados y de viviendas reacondicionadas se muestran en la Tabla 16 y Tabla 17 respectivamente.

En el caso de los recambios de calefactores, el Escenario 2 en la localidad de T-PLC corresponde al único caso en el que no es necesario recambiar la totalidad del parque de artefactos para lograr una concentración de $20[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. En el resto de los escenarios es necesario recambiar la totalidad del parque para lograr la concentración objetivo al final del período de evaluación.⁵⁹

Por otra parte, en el caso del Reacondicionamiento Térmico, se debiese reacondicionar la totalidad del parque de viviendas construido antes del año 2007 en todas las ciudades si se quiere llegar a la concentración objetivo.⁶⁰

Tabla 16: Número de Artefactos Recambiados

Número de Calefactores	Talca, 2023	T-PLC, 2020	Coyhaique, 2023
Pellets	28.378	63.805	11.482
Leña	28.378	77.504	11.482

Tabla 17: Número de Viviendas Reacondicionadas

Número de Viviendas	Talca, 2023	T-PLC, 2020	Coyhaique, 2023
Construidas antes del 2000	23.415	47.354	18.517
Construidas entre el 2000 y el 2006	5.104	11.892	3.270

7.2. Efectividad de las Alternativas

Las emisiones anuales promedio de las viviendas bajo cada escenario se muestran a continuación en la Tabla 18, mientras que los FEC obtenidos se encuentran en la Tabla 19.

Considerando las emisiones residenciales y la evolución del parque y los reacondicionamientos, se calcularon las emisiones de MP_{2,5} al final de los períodos de

⁵⁹ Los detalles de la cuantificación de los calefactores y de la evolución de los recambios se muestran en el Anexo 11.3 Parque de Artefactos y 11.28 respectivamente.

⁶⁰ Los detalles de la cuantificación de las viviendas y de la evolución de los reacondicionamientos se muestran en el Anexo 11.24 y 11.29 respectivamente.

evaluación. Luego, considerando los FEC obtenidos⁶¹, se calcularon las correspondientes concentraciones, las cuales se presentan gráficamente en la Figura 8.⁶²

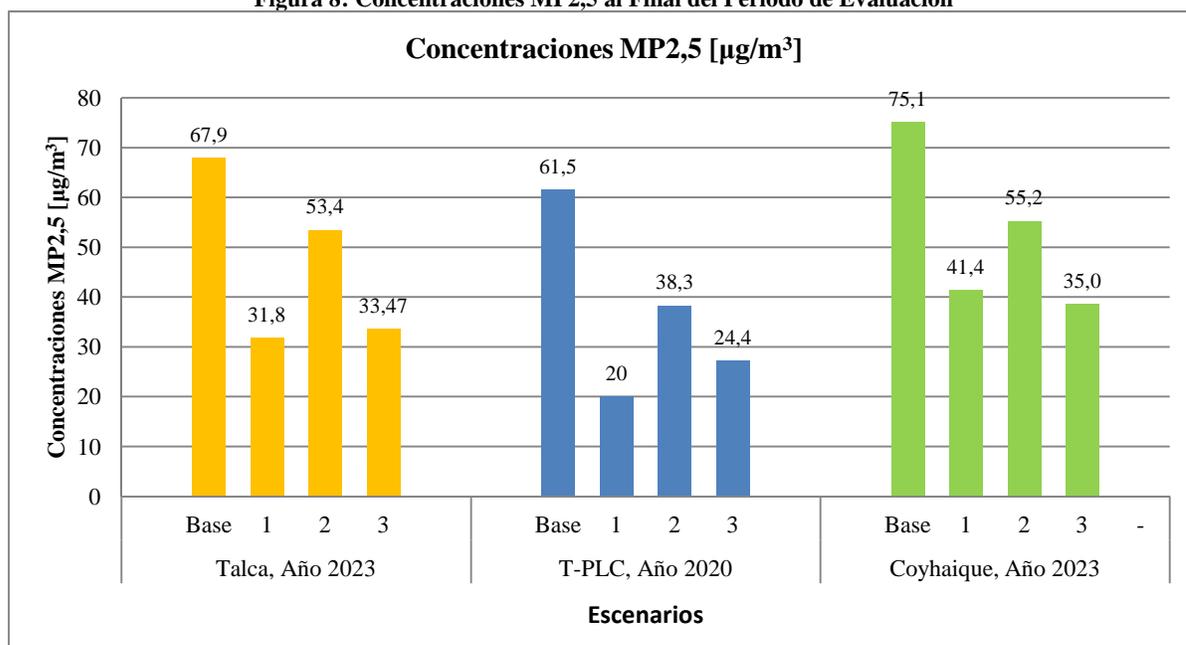
Tabla 18: Emisiones Promedio Anuales bajo Distintos Escenarios [kg de MP2,5]

Escenario	Talca	T-PLC	Coyhaique
Escenario Base	63,6	166,9	431,8
Escenario 1	1,2	2,0	5,4
Escenario 2	38,5	87,9	180,3
Escenario 3	25,1	58,1	124,7

Tabla 19: Factores Emisión-Concentración [ton/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)]

Talca	T-PLC	Coyhaique
39,4	247,2	145,5

Figura 8: Concentraciones MP2,5 al Final del Período de Evaluación



Como es posible apreciar en la Figura 8, sólo la alternativa de Recambio de Calefactores a Pellets en la localidad de Temuco - Padre Las Casas logra llegar por sí sola a la concentración objetivo de $20[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

7.3. Efectos en la Salud de la Población

A continuación, en las secciones 7.3.1, 7.3.2 y 7.3.3, se presentan los casos proyectados y evitados de mortalidad, admisiones hospitalarias y días laborales perdidos (DLP) en cada escenario.⁶³

Los valores presentados corresponden al efecto del MP2,5 proveniente sólo de la combustión a leña, por lo que, de considerar las emisiones de otras fuentes contaminantes el número de casos podría ser ligeramente mayor.

⁶¹ Ver detalle de cálculo en Anexo 11.23.

⁶² En el Anexo 11.30 se indica el detalle de la evolución de las emisiones y correspondientes concentraciones de MP2,5 para cada alternativa.

⁶³ El detalle de los casos se encuentran en el Anexo 11.31.

7.3.1. Casos de Mortalidad

Figura 9: Casos de Mortalidad Projectados y Evitados, Talca

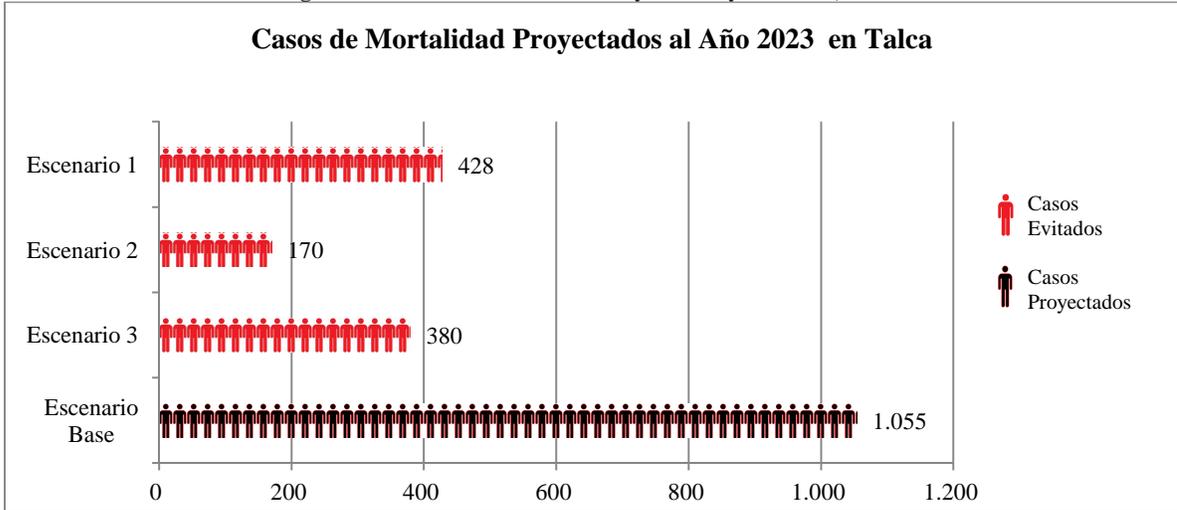


Figura 10: Casos de Mortalidad Projectados y Evitados, T-PLC

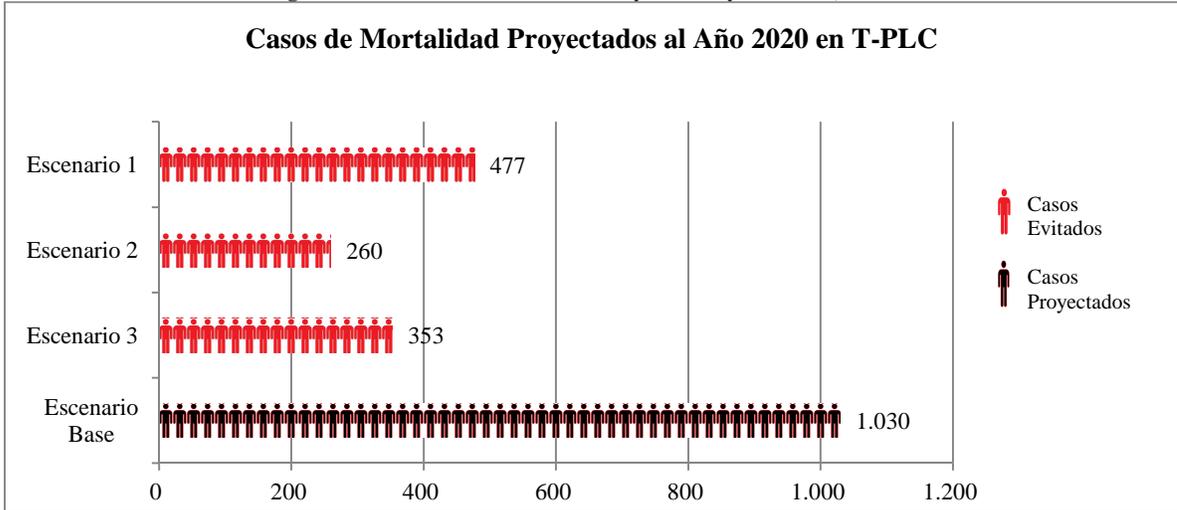
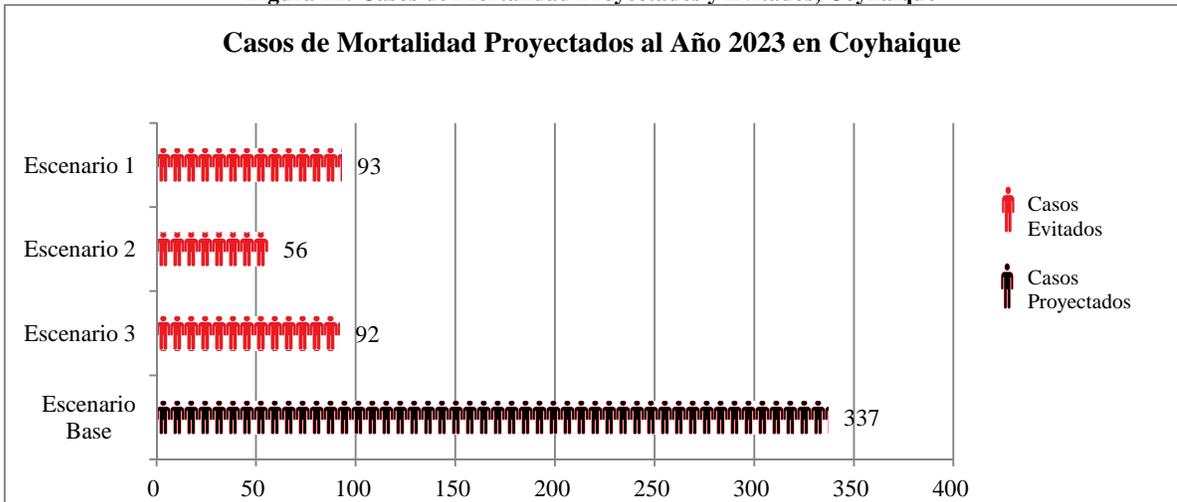


Figura 11: Casos de Mortalidad Projectados y Evitados, Coyhaique



7.3.2. Admisiones Hospitalarias

Figura 12: Admisiones Hospitalarias Proyectadas y Evitadas, Talca

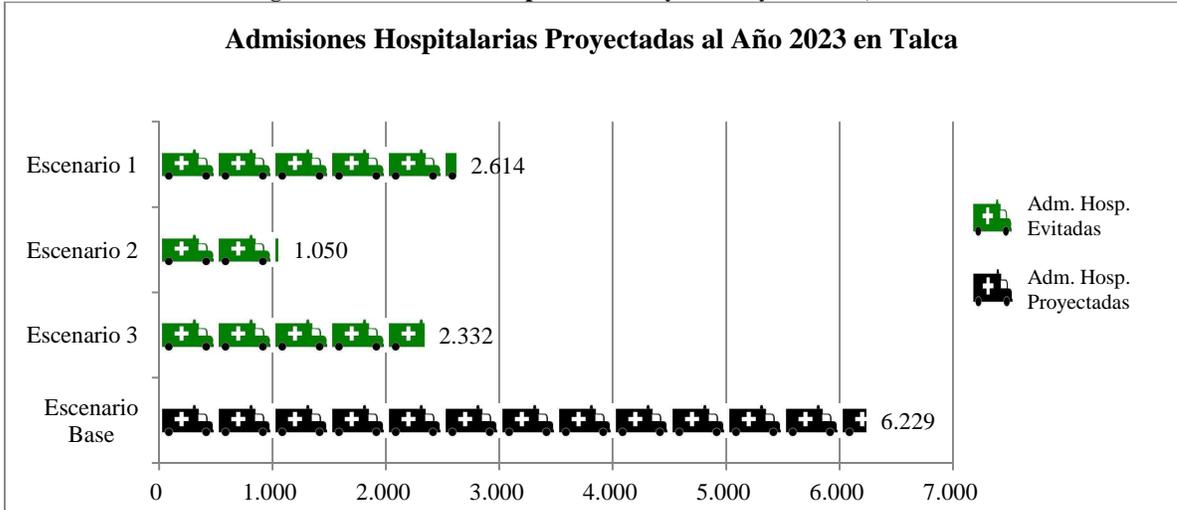


Figura 13: Admisiones Hospitalarias Proyectadas y Evitadas, T-PLC

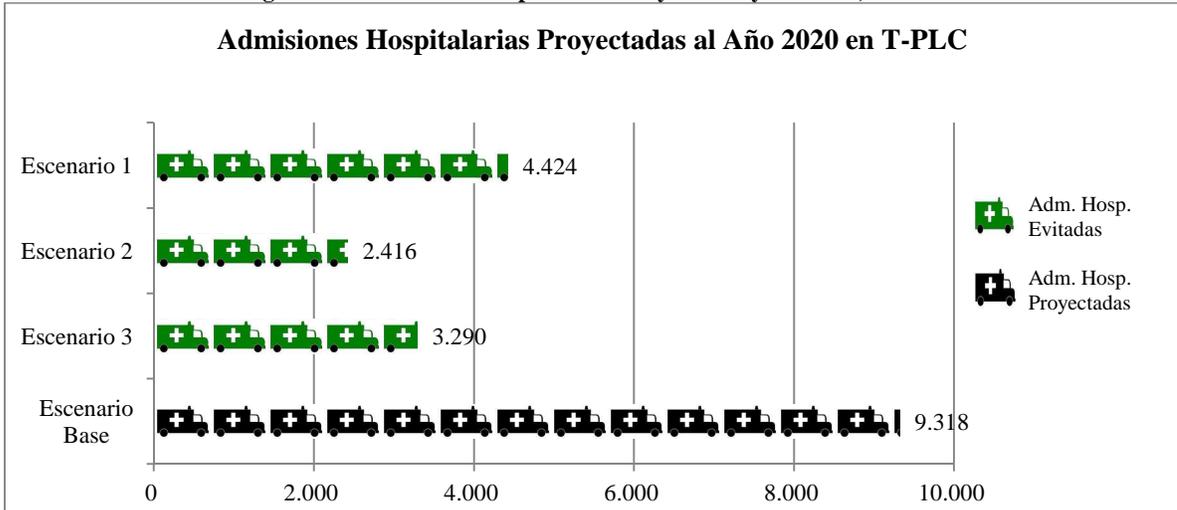
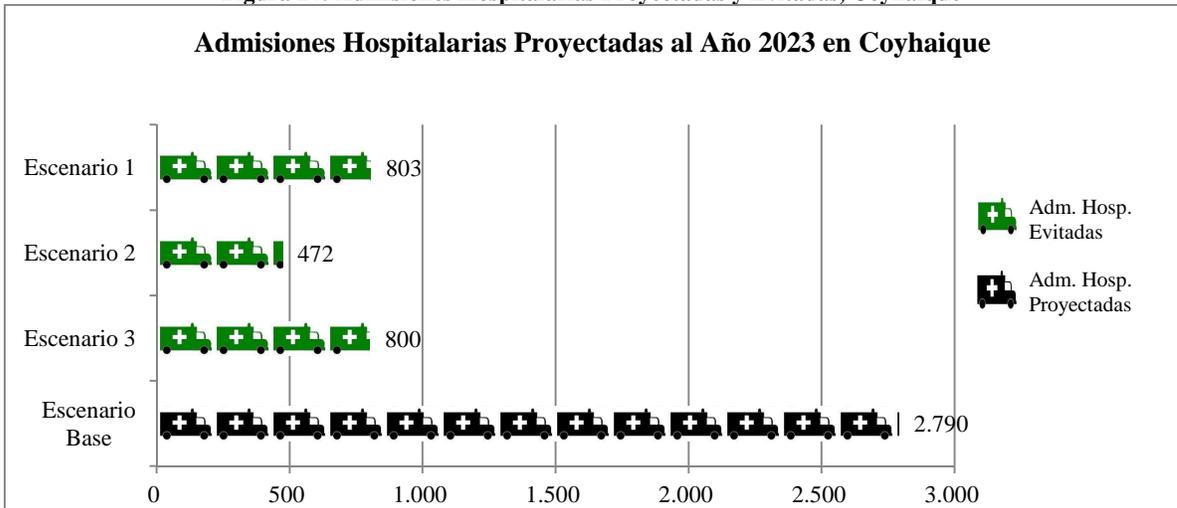


Figura 14: Admisiones Hospitalarias Proyectadas y Evitadas, Coyhaique



7.3.3. Días Laborales Perdidos (DLP)

Los valores mostrados a continuación corresponden sólo a los días laborales perdidos, no considerando en estos los días laborales con actividad restringida o con actividad restringida leve.

Figura 15: Proyección de los Días Laborales Perdidos, Talca

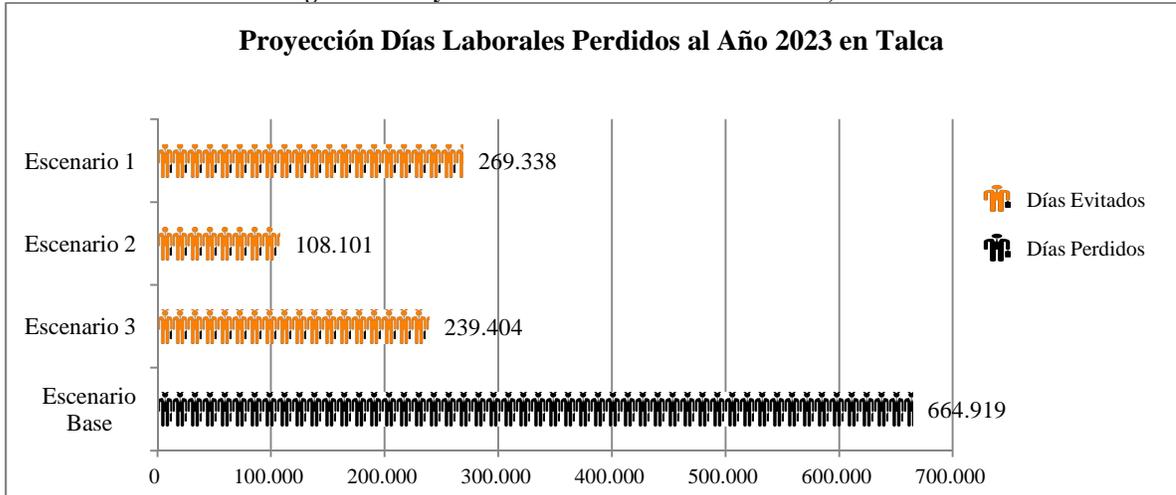


Figura 16: Proyección de los Días Laborales Perdidos, T-PLC

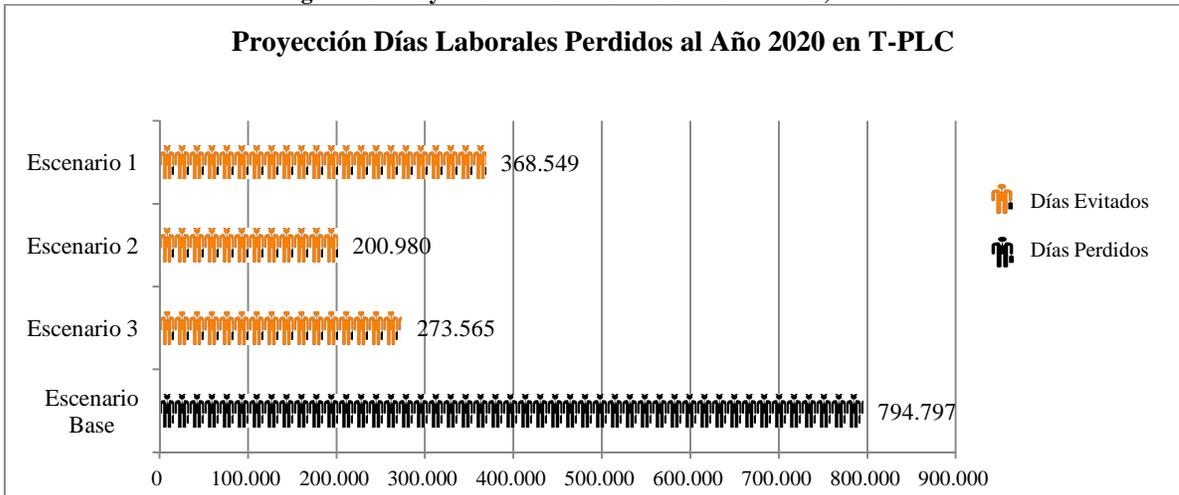
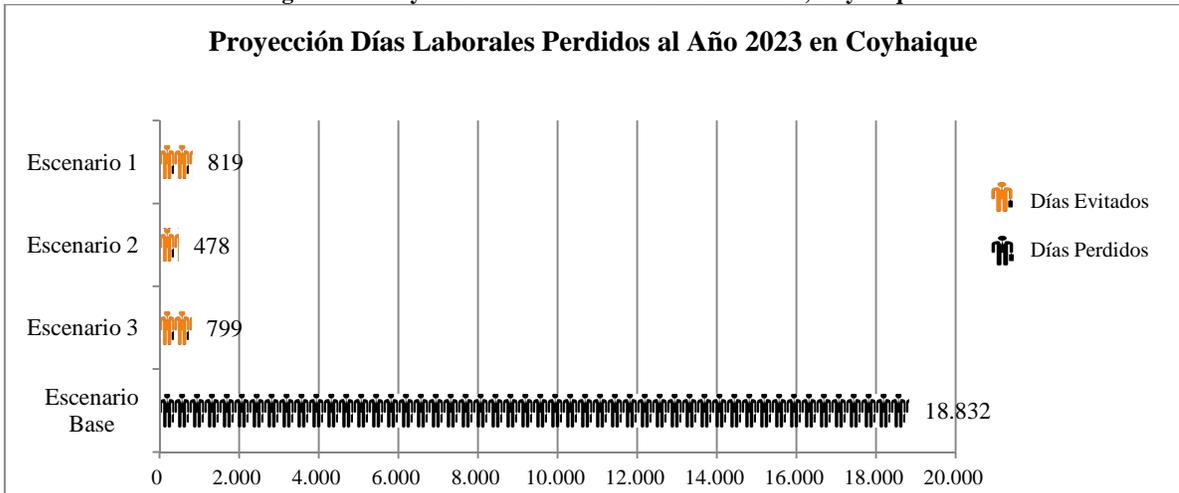


Figura 17: Proyección de los Días Laborales Perdidos, Coyhaique



7.4. Rentabilidad de las Alternativas

La rentabilidad social de cada alternativa se presenta en la Tabla 20, mostrándose el desglose de este en las secciones 7.4, 7.4.2 y 7.4.3. Los costos anuales de calefacción a nivel de vivienda son presentados en la Tabla 21.⁶⁴

Tabla 20: VAN de las Alternativas [UF]

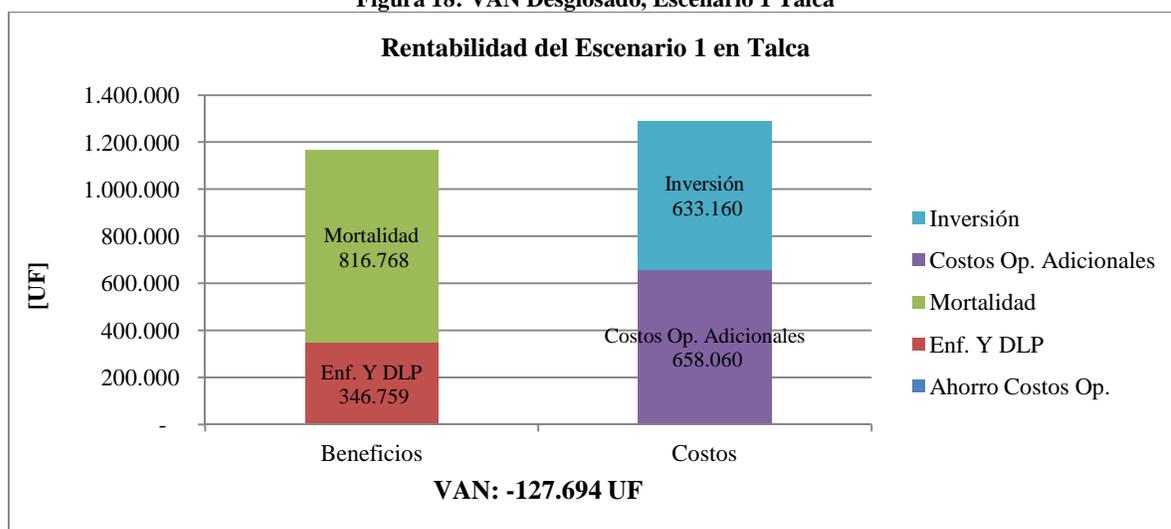
Ciudades	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Talca	-127.694	345.162	-37.499
T-PLC	1.770.417	1.969.364	328.285
Coyhaique	-670.323	502.305	-306.381

Tabla 21: Costos de Calefacción Anuales [US\$]⁶⁵

Ciudades	Escenario Base	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Talca	\$ 85.000	\$ 167.943	\$ 57.500	\$ 27.374
T-PLC	\$ 519.395	\$ 262.394	\$ 359.958	\$ 151.519
Coyhaique	\$ 552.000	\$ 758.827	\$ 330.544	\$ 135.316

7.4.1. Rentabilidad de las Alternativas en la Ciudad de Talca

Figura 18: VAN Desglosado, Escenario 1 Talca



⁶⁴ El desglose de los beneficios, las inversiones y los costos de mantención se detallan en el Anexo 11.32, 11.3311.33 y 11.3411.34 respectivamente.

⁶⁵ Costos a junio del año 2012.

Figura 19: VAN Desglosado, Escenario 2 Talca

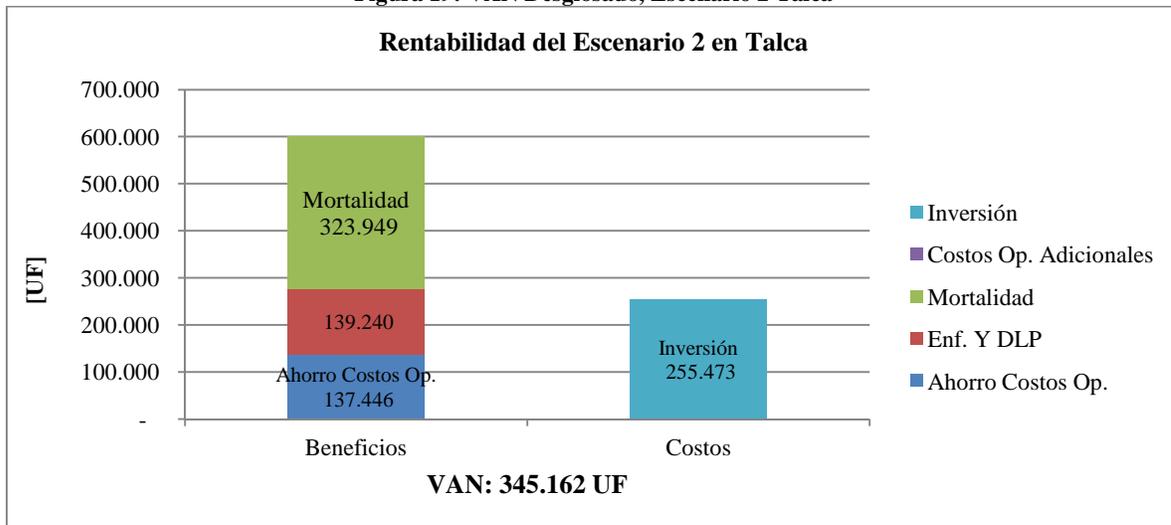
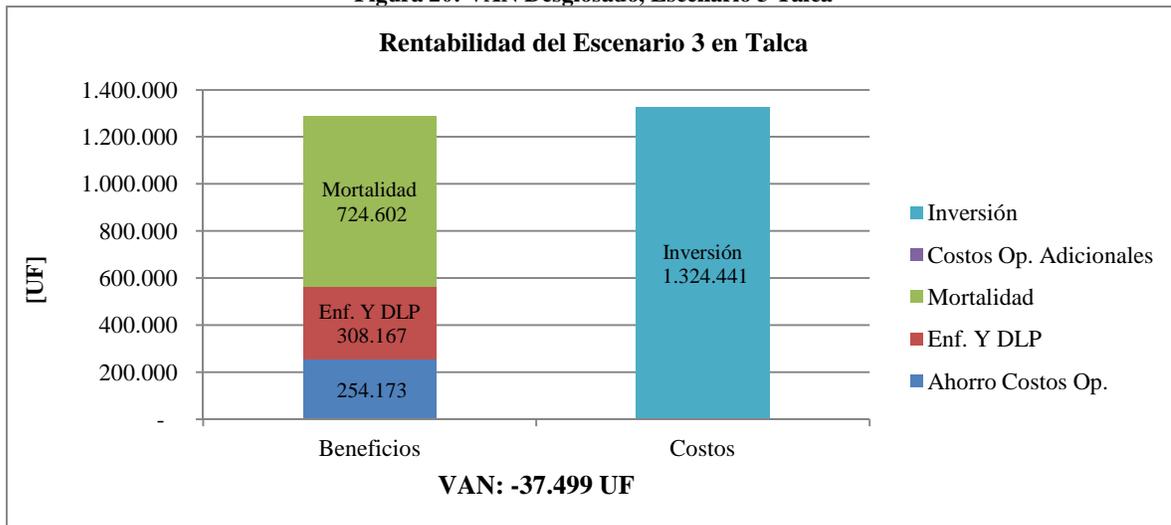


Figura 20: VAN Desglosado, Escenario 3 Talca



Como es posible apreciar en la Tabla 20, la única alternativa rentable en la ciudad de Talca corresponde al Recambio de Calefactores a Leña, estimándose para este un VAN de 345.162 UF. En el caso de las alternativas de Recambio de Calefactores a Pellets y de Reacondicionamiento Térmico la rentabilidad es negativa y se estima en -127.694 UF y en -37.499 UF respectivamente.

Por otra parte, las figuras presentadas permiten observar que en los Escenarios 2 y 3 existen ahorros de combustible estimados en 137.446 UF y 254.173 UF respectivamente, valores que representan una reducción del 32% y del 68% con respecto a los costos actuales a nivel de vivienda. En el caso del Escenario 1, es posible apreciar que existen costos operacionales adicionales estimados en 658.060 UF, representando estos un aumento del 98% respecto a los costos actuales a nivel de vivienda.

De acuerdo a lo presentado en la Figura 18, es posible estimar que el 70% de los beneficios obtenidos se justifican por casos de mortalidad evitados, mientras que el restante 30% proviene de los casos de admisiones hospitalarias y DLP evitados.

En el caso del Escenario 2, los beneficios se estiman en 600.635 UF, desglosándose este valor en un 54% por casos de mortalidad evitados, en un 23% por casos de admisiones hospitalarias y DLP evitados y en un 23% por ahorros de combustible.

Por último, en el caso del Escenario 3, los beneficios se estiman en 1.286.943 UF y su desglose se estima en un 56% por casos de mortalidad evitados, en un 24% por casos de admisiones hospitalarias y DLP y en un 20% por ahorros de combustible.

7.4.2. Rentabilidad de las Alternativas en la Localidad de Temuco – Padre Las Casas

Figura 21: VAN Desglosado, Escenario 1 T-PLC

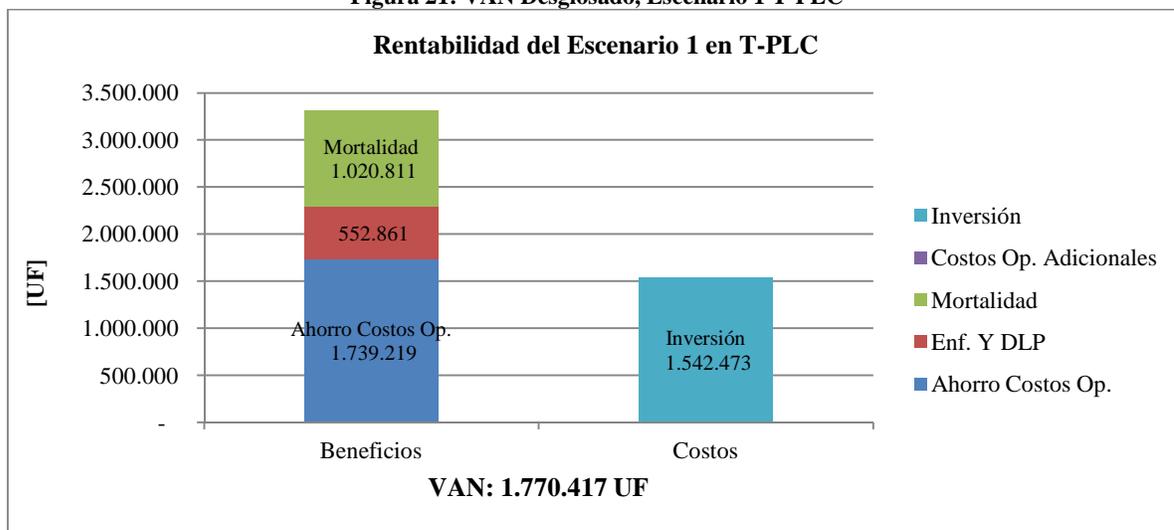


Figura 22: VAN Desglosado, Escenario 2 T-PLC

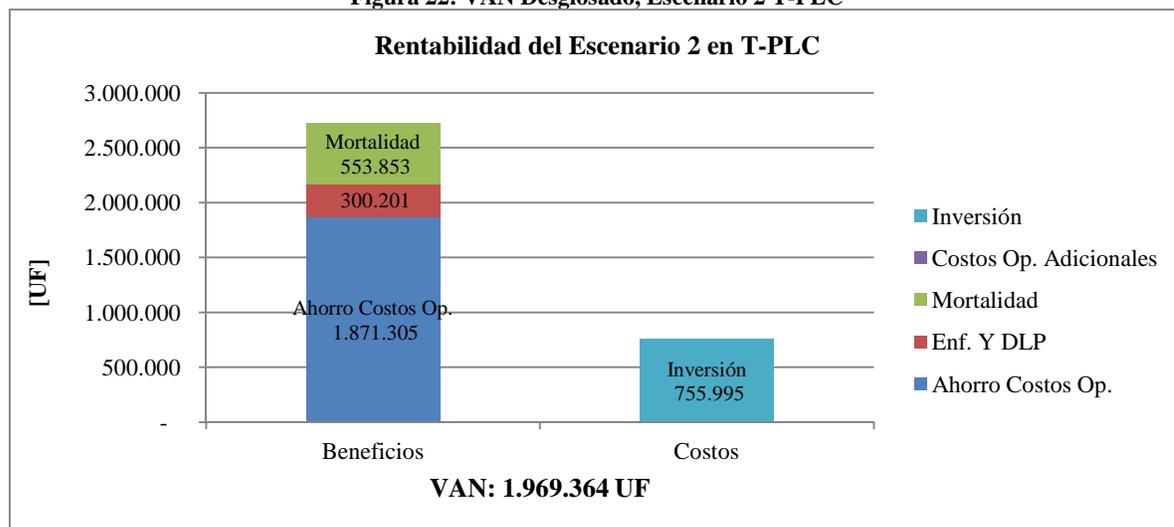
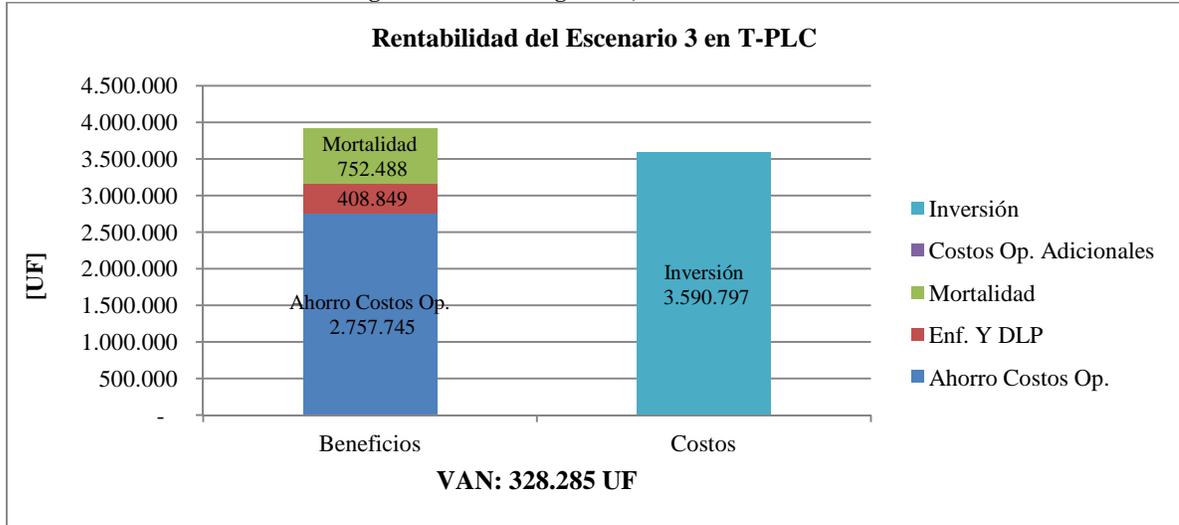


Figura 23: VAN Desglosado, Escenario 3 T-PLC



De la Tabla 20 es posible observar que todas las alternativas son rentables socialmente, las que, ordenadas según rentabilidad corresponden al Recambio de Calefactores a Leña, al Recambio de Calefactores a Pellets y al Reacondicionamiento Térmico.

Las figuras presentadas permiten observar que todas las alternativas generan ahorros de combustible, los cuales representan más del 52% de los beneficios estimados en todas las ciudades.

A nivel de vivienda es posible estimar que una estufa a pellets reduce los gastos en un 49% respecto del gasto actual, mientras que una estufa a leña lo hace en un 31% y reacondicionamiento térmico lo hace en un 71%.

Los beneficios del Escenario 1 se estiman en 3.312.890 UF, desglosándose este valor en un 31% por casos de mortalidad evitados, en un 17% por casos de admisiones hospitalarias y DLP evitados y en 52% por ahorros de combustible.

En el caso del Escenario 2, los beneficios se estiman en 2.725.359 UF y se explican en un 20% por casos de mortalidad evitados, en un 11% por casos de admisiones hospitalarias y DLP evitados y en 69% por ahorros de combustible

Por último, en el Escenario los beneficios se estiman en 3.919.082 UF y su desglose se estima en un 19% por casos de mortalidad evitados, en un 10% por casos de admisiones hospitalarias y DLP y en un 70% por ahorros de combustible.

7.4.3. Rentabilidad de las Alternativas en la Ciudad de Coyhaique

Figura 24: VAN Desglosado, Escenario 1 Coyhaique

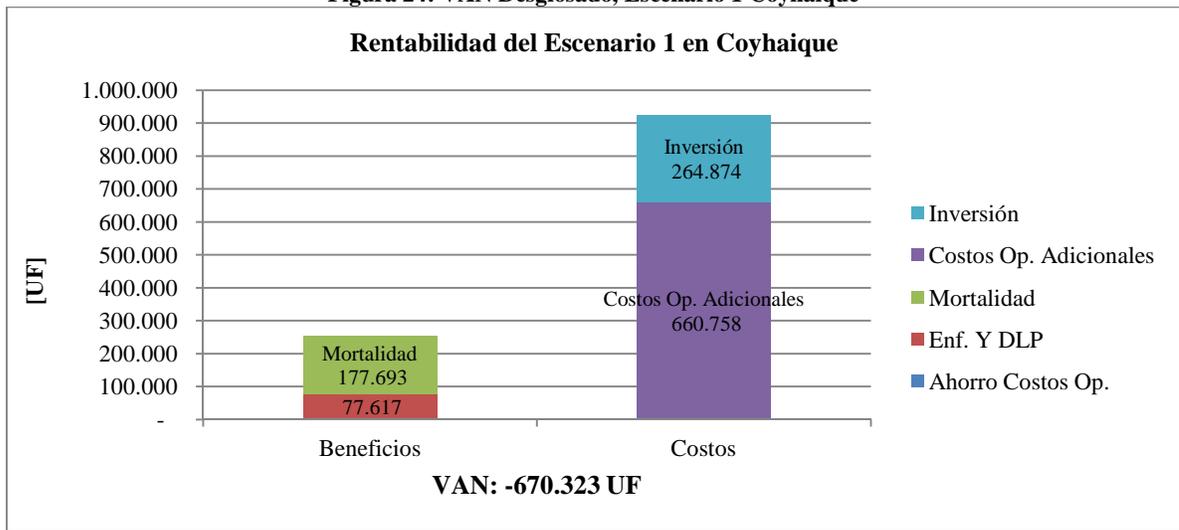


Figura 25: VAN Desglosado, Escenario 2 Coyhaique

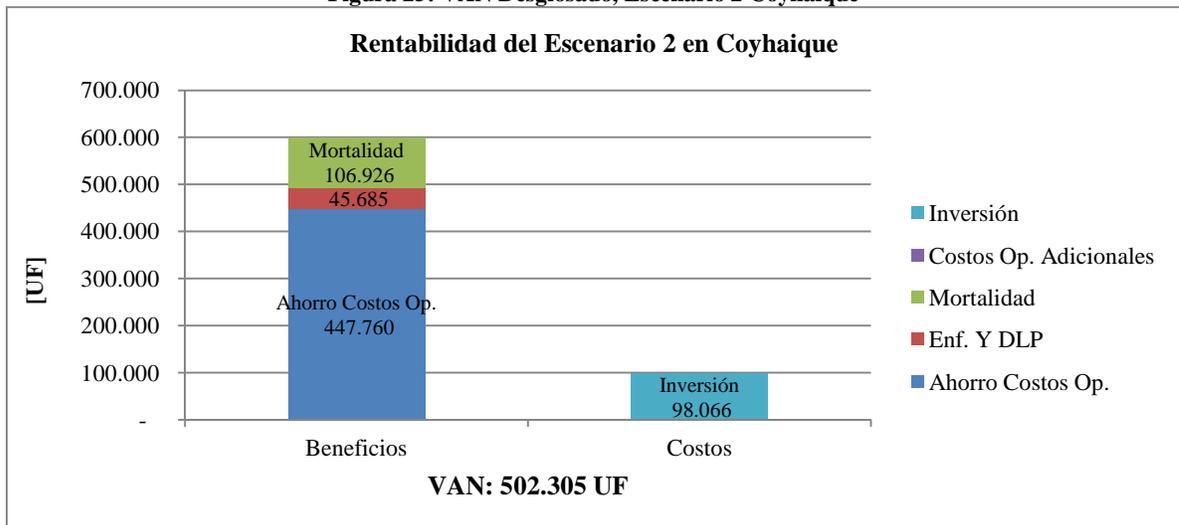
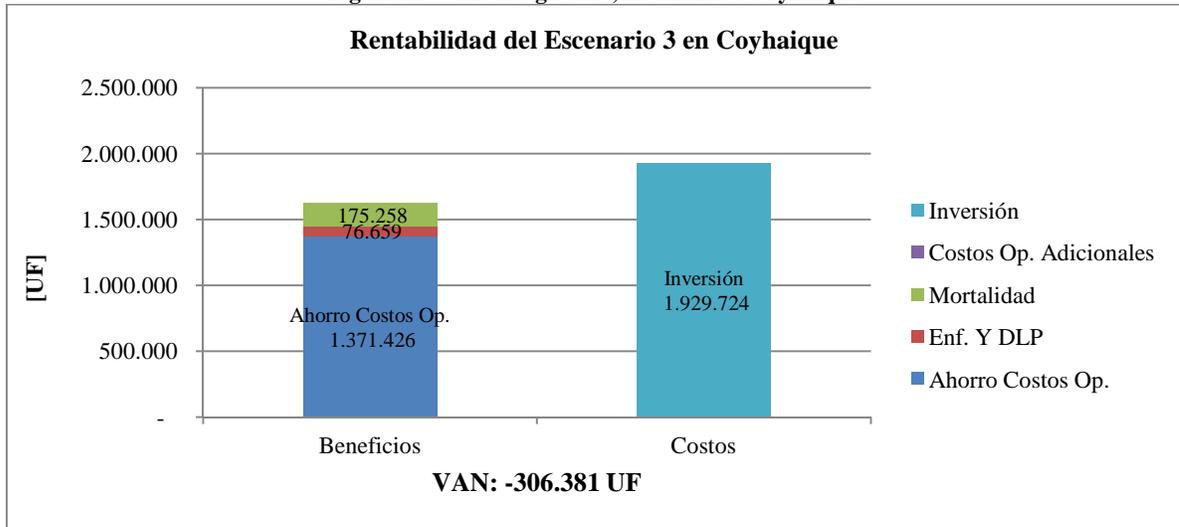


Figura 26: VAN Desglosado, Escenario 3 Coyhaique



Al igual que en el caso de Talca, la única alternativa rentable en la ciudad de Coyhaique corresponde al Recambio de Calefactores a Leña, estimándose para ella un VAN de 502.305 UF. El resto de las alternativas presentan VAN negativos, estimados en -670.323 UF para el Recambio de Calefactores a Pellets y en -306.381 UF para el Reacondicionamiento Térmico.

Las figuras presentadas permiten observar que en los Escenarios 2 y 3 existen ahorros de combustible estimados en 447.760 UF y 1.371.426 UF respectivamente, los que a nivel de vivienda representan ahorros del 40% y 75% con respecto a los costos actuales. En el caso del Escenario 1, es posible apreciar que existen costos operacionales adicionales estimados en 660.758 UF, representando estos un aumento del 37% respecto a los costos actuales.

De acuerdo a lo presentado en la Figura 24, es posible estimar que el 70% de los beneficios obtenidos se justifican por casos de mortalidad evitados, mientras que el restante 30% proviene de los casos de admisiones hospitalarias y DLP evitados.

En el caso del Escenario 2, los beneficios se estiman en 600.371 UF, justificándose este valor en un 18% por casos de mortalidad evitados, en un 8% por casos de admisiones hospitalarias y DLP evitados y en un 75% por ahorros de combustible.

Por último, en el caso del Escenario 3, los beneficios se estiman en 1.623.343 UF y su desglose se estima en un 11% por casos de mortalidad evitados, en un 5% por casos de admisiones hospitalarias y DLP y en un 84% por ahorros de combustible.

7.5. Indicadores

Tabla 22: Indicadores Costo-Beneficio

Ciudades	BC [Beneficios/Costos]		
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Talca	0,90	2,35	0,97
T-PLC	2,15	3,60	1,09
Coyhaique	0,28	6,12	0,84

7.6. Selección de Alternativas

La selección de las alternativas se realiza según los criterios presentados en la Sección 6.4, por lo que, en primera instancia, se descartan las alternativas no rentables. De esta manera, las alternativas rentables entre las que se puede elegir corresponden a las marcadas con un signo ✓ en la Tabla 23.

Tabla 23: Selección de Alternativas Rentables

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Talca	✗	✓	✗
T-PLC	✓	✓	✓
Coyhaique	✗	✓	✗

Dado lo anterior, en el caso de Talca y Coyhaique la única alternativa viable corresponde a un Recambio de Calefactores a Leña (Escenario 2), mientras que en el caso de T-PLC todas las alternativas son posibles de implementar.

Como segundo criterio de evaluación se utiliza la concentración de MP2,5 obtenida al final del período de evaluación, por lo que, según lo mostrado en la Figura 8, la mejor alternativa en el caso de T-PLC corresponde al Recambio de Calefactores a Pellets, seguido por el Reacondicionamiento Térmico y el Recambio de Calefactores a Leña.

En el caso de T-PLC, las tres alternativas presentan diferencias de concentración superiores a los 3[$\mu\text{g}/\text{m}^3$], razón por la cual no se utilizan los indicadores BC como criterios de selección.

7.7. Análisis de Sensibilidad

7.7.1. Variación de las Emisiones y Concentraciones de MP2,5

En la presente sección se muestra el impacto de las variaciones para los parámetros “Modo de Operación” y “Humedad de la leña”. Los resultados mostrados a continuación presentan la sensibilidad de estas variables tanto a nivel de emisiones residenciales como a nivel de concentraciones en las ciudades.

7.7.1.1. Variación de las Emisiones Residenciales

A continuación, en las Figura 27, Figura 28 y Figura 29, se presentan las emisiones anuales en un vivienda promedio frente a variaciones en los parámetros “Modo de Operación” y “Humedad de la Leña”.

Figura 27: Emisiones Anuales Promedio de Viviendas bajo Distintas Condiciones, Talca

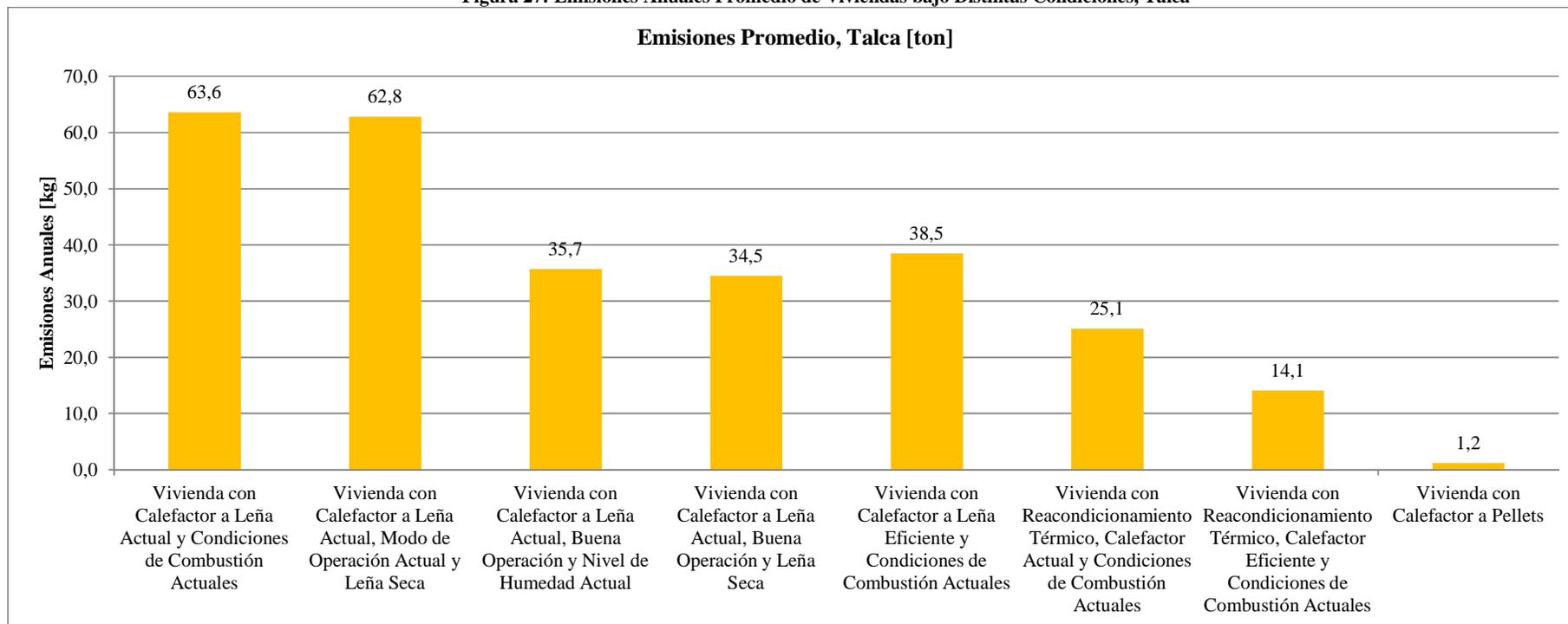


Figura 28: Emisiones Anuales Promedio de Viviendas bajo Distintas Condiciones, T-PLC

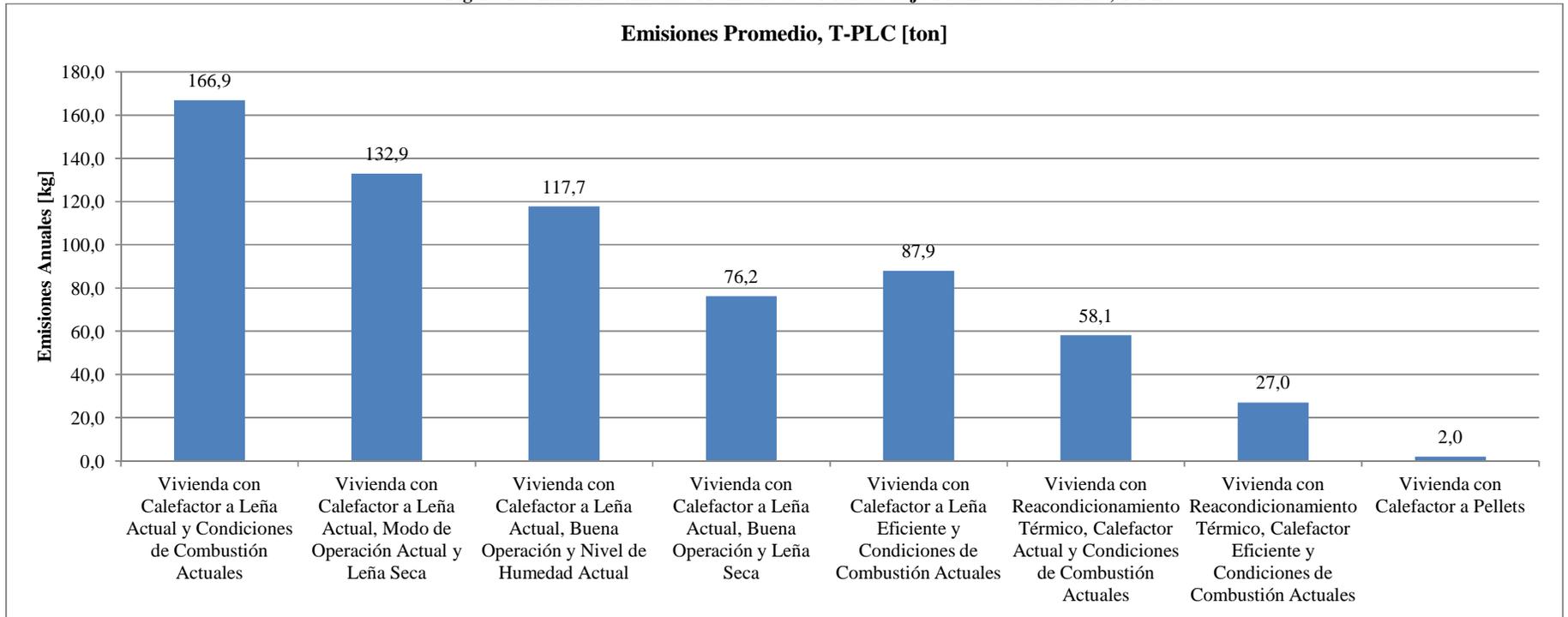
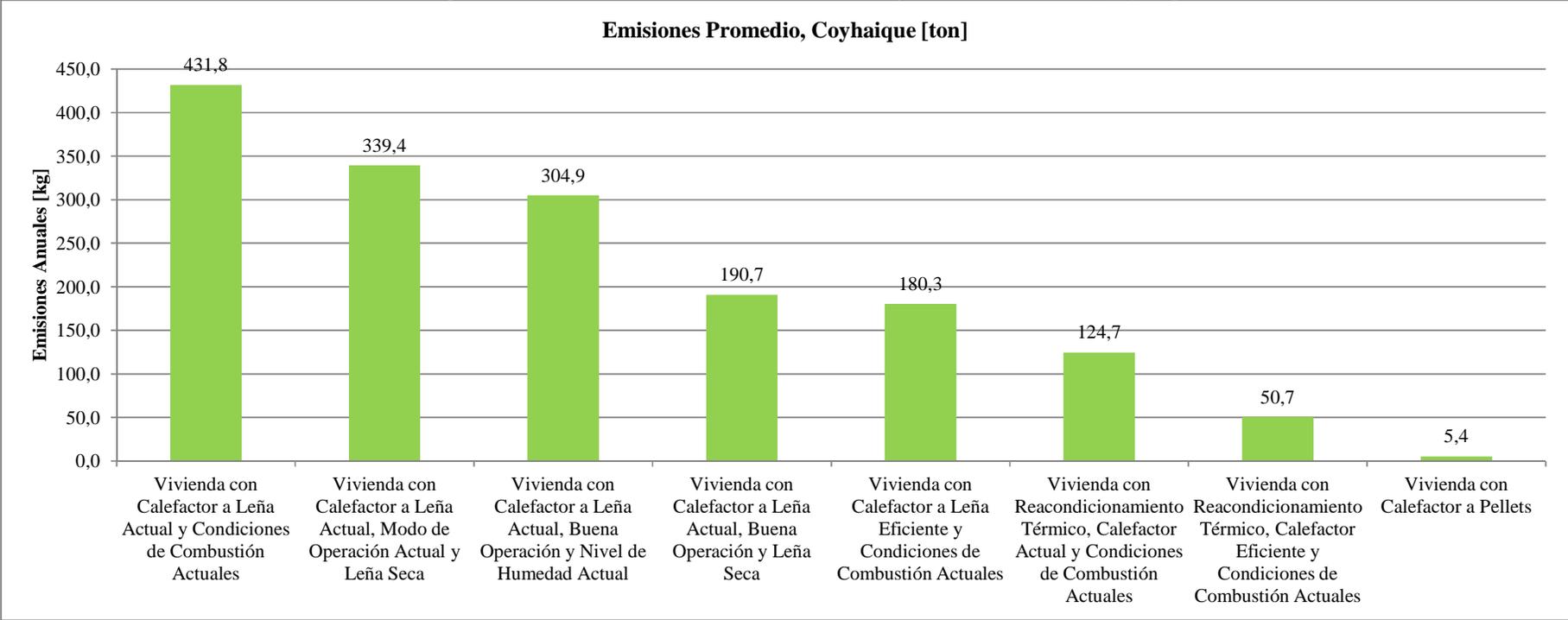


Figura 29: Emisiones Anuales Promedio de Viviendas bajo Distintas Condiciones, Coyhaique



7.7.1.2. Variación de las Concentraciones en las Ciudades

Los siguientes gráficos muestran la variación de las concentraciones obtenidas al final del período para distintos valores en los parámetros “Modo de Operación” y “Consumo de Leña Seca”. Los porcentajes indicados en los ejes horizontales corresponden al porcentaje de viviendas que consume leña seca y al porcentaje de viviendas que operan de forma correcta las estufas.⁶⁶

Además, en el mismo gráfico se indica la concentración proyectada al final de período para cada escenario bajo condiciones actuales de combustión⁶⁷ y el valor exigido por la Norma Primaria de Calidad del Aire.

Los gráficos mostrados a continuación corresponden sólo a los escenarios elegidos en la Sección 7.6.

Figura 30: Sensibilidad de las Concentraciones en Escenario 2, Talca Año 2023

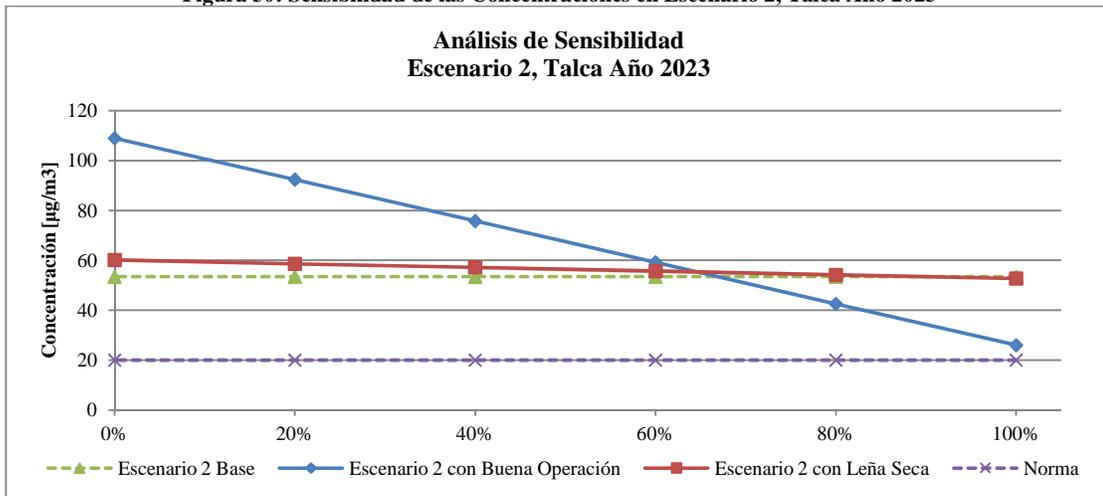
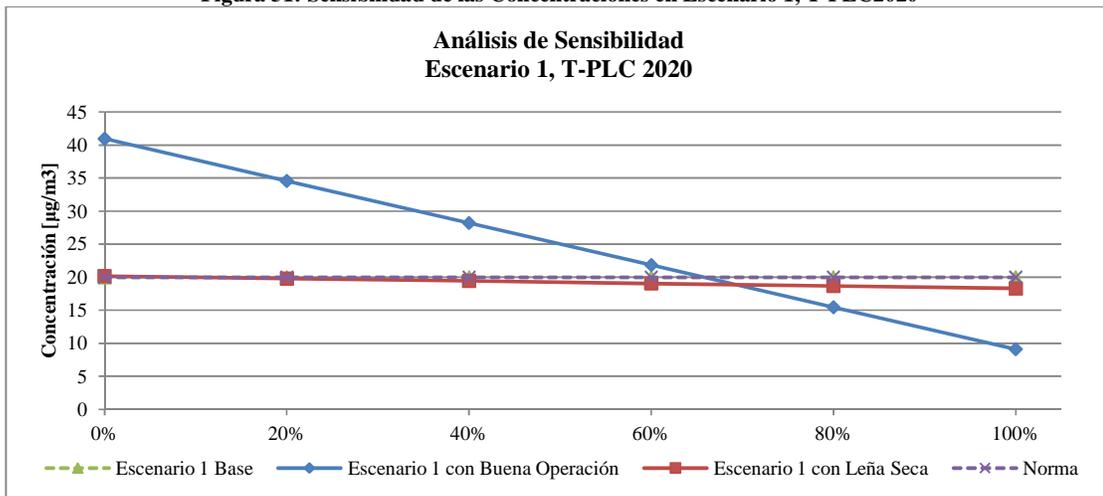


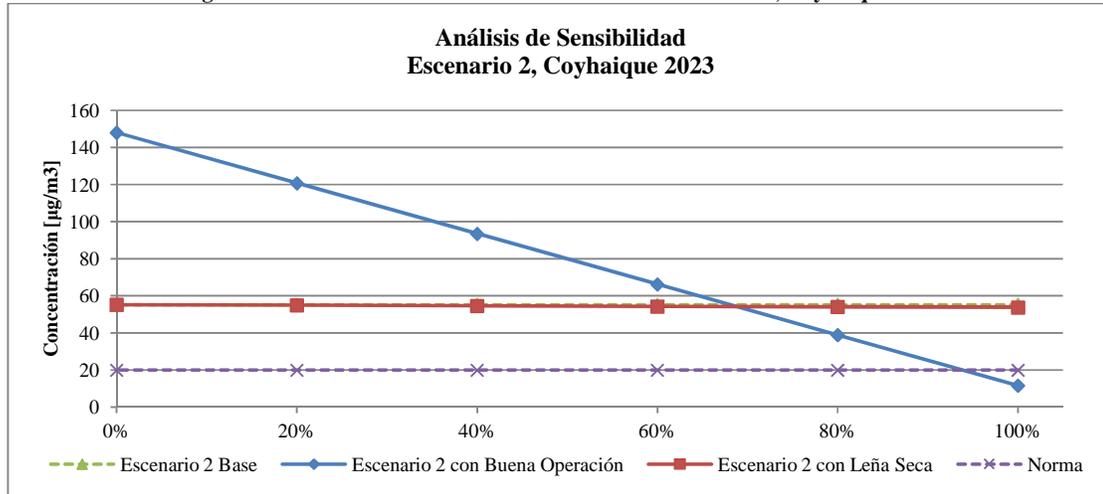
Figura 31: Sensibilidad de las Concentraciones en Escenario 1, T-PLC2020



⁶⁶ Para calcular las emisiones de MP2,5 en las estufas a leña se considera el porcentaje de viviendas que operan con tiraje cerrado durante el día y durante la noche, siendo estos valores distintos entre sí (Ver Anexo 11.6). Pese a esto y por simplicidad, para el análisis de sensibilidad se consideran que estos porcentajes son iguales.

⁶⁷ Las rectas del escenario bajo condiciones actuales de combustión, de color verde y bajo el nombre “Escenario Base #”, se indican sólo como referencia para la comparación de los escenarios, por lo que no tienen relación con los porcentajes de los ejes horizontales.

Figura 32: Sensibilidad de las Concentraciones en Escenario 2, Coyhaique 2023



En la Tabla 24 se muestran las variaciones de las concentraciones con respecto al escenario base correspondiente para porcentajes de 100% en las variables “Buena Operación” y “Leña Seca”.⁶⁸

Tabla 24: Variación de las Concentraciones

Escenarios	Δ Concentración [µg/m³]	
	100% B. Op.	100% Leña Seca
Talca, Escenario 2	27,5	0,7
T-PLC, Escenario 1	10,9	1,7
Coyhaique, Escenario 2	43,6	1,4

7.7.2. Variación de la Rentabilidad

7.7.2.1. Variable: Precio de la Tecnología

Los siguientes gráficos muestran el VAN obtenido en cada alternativa para distintos valores del costo de las tecnologías evaluadas.

En el caso del Escenario 1 y 2, los valores mostrados en el eje horizontal corresponden al costo del artefacto más el kit de instalación, mientras que en el caso del Escenario 3 los valores corresponden al precio del material aislante aplicado.

Como muestran las figuras, el Escenario 1 en Talca podría ser rentable si el precio de la tecnología tuviese un costo cercano a los \$630.000, mientras que, en el caso del Escenario 3 el material aislante debiese costar alrededor de \$450/kg.⁶⁹

Por otra parte, en la ciudad de Coyhaique se tiene que el Escenario 1 y 3 nunca son rentables, incluso si se considerara un costo cero para las tecnologías.

⁶⁸ Los valores obtenidos para otros porcentajes se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

⁶⁹ Precios al año 2012 sin IVA.

Figura 33: Sensibilidad para el Precio de la Tecnología, Escenario 1

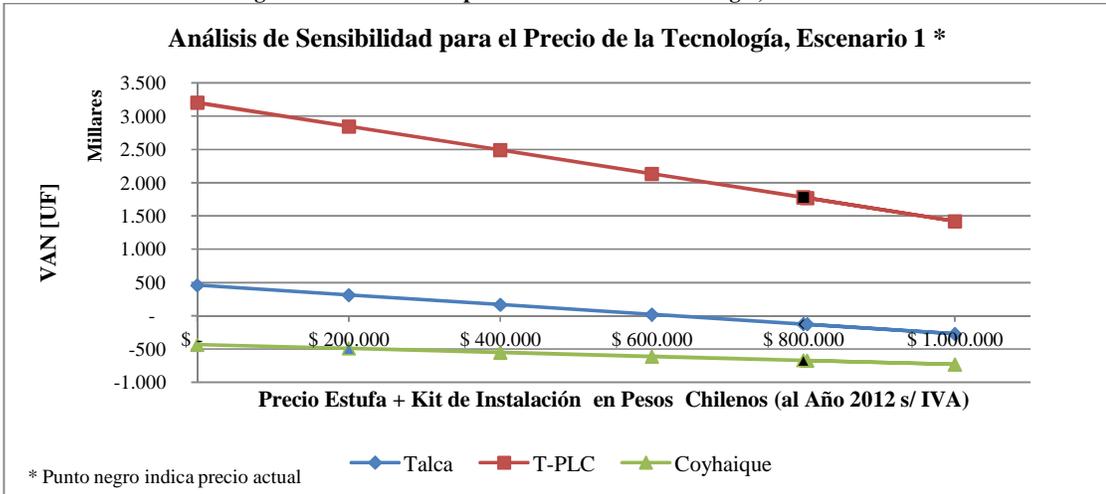


Figura 34: Sensibilidad para el Precio de la Tecnología, Escenario 2

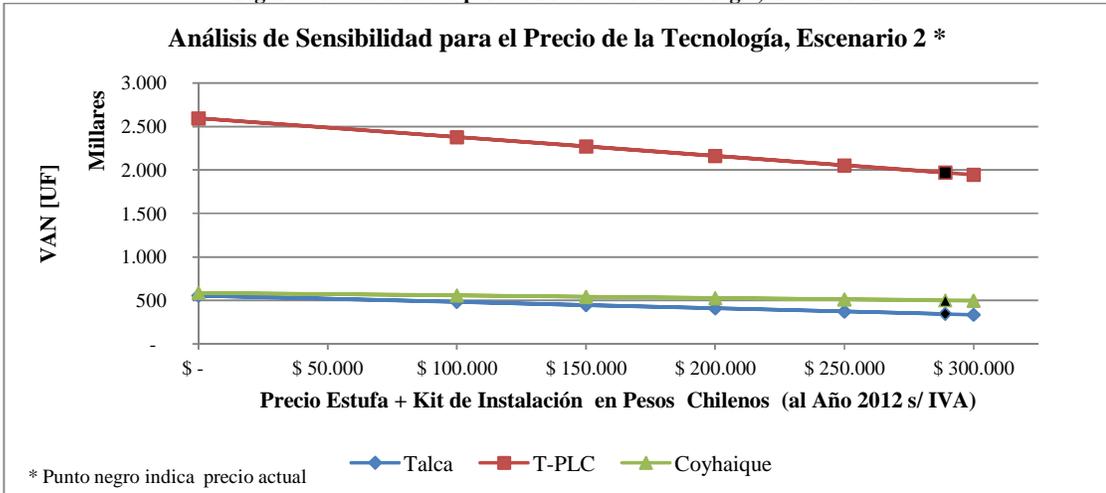
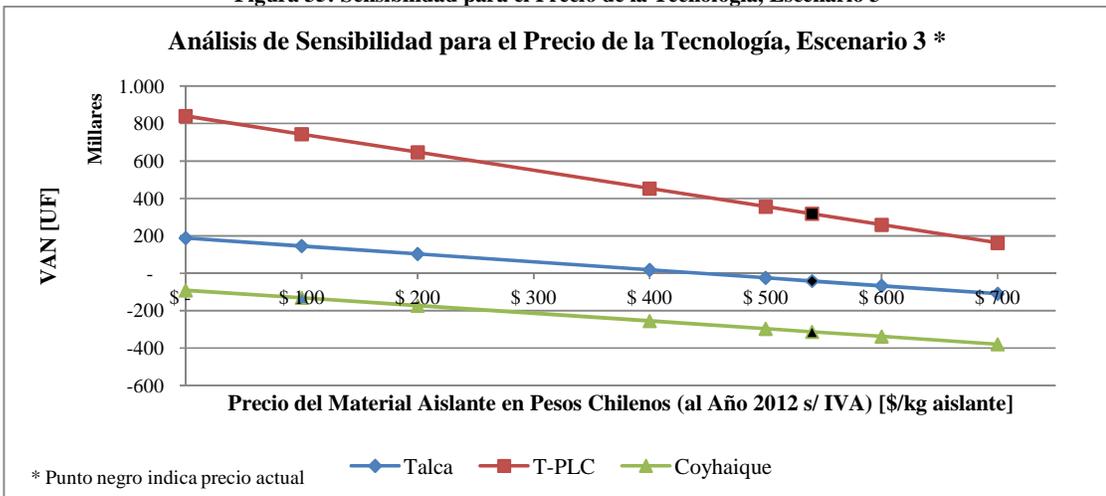


Figura 35: Sensibilidad para el Precio de la Tecnología, Escenario 3



7.7.2.2. Variable: Precio de la Leña

La rentabilidad de los escenarios para distintos precios de la leña se muestra a continuación en las Figura 36, Figura 37 y Figura 38.

Como muestra la Figura 36, los Escenarios 1 y 3 en la ciudad de Talca podrían ser rentables si el precio de la leña fuese superior a los \$33.000 y \$28.000 respectivamente. En el caso de Coyhaique, la Figura 38 muestra que para los mismos escenarios los precios debiesen ser cercanos a los \$49.000 y \$36.500 respectivamente.

Figura 36: Sensibilidad para el Precio de la Leña, Talca

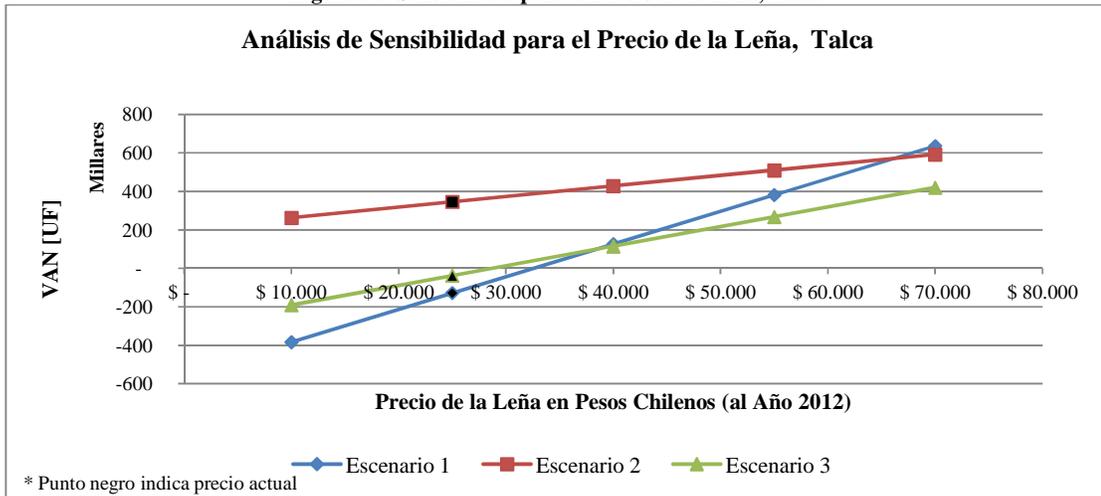


Figura 37: Sensibilidad para el Precio de la Leña, T-PLC

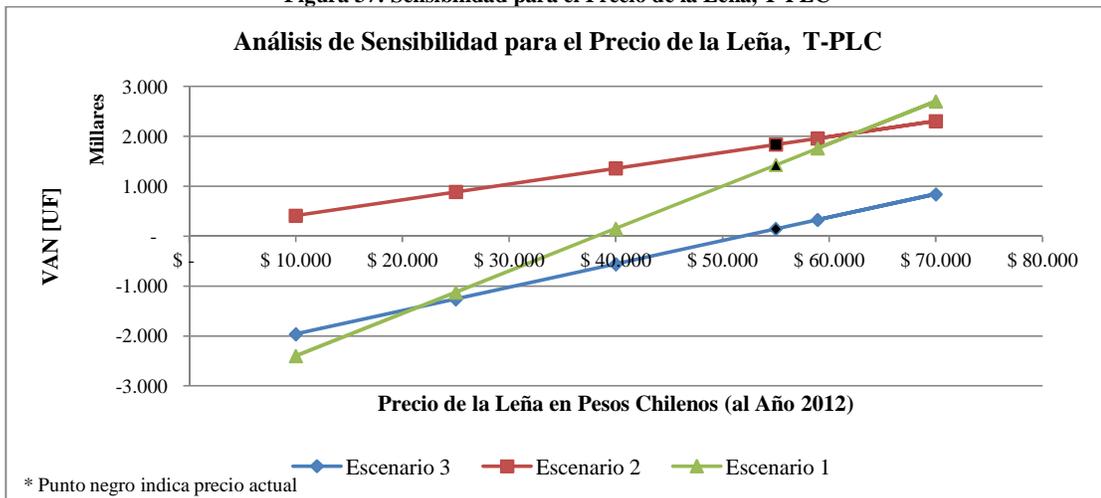
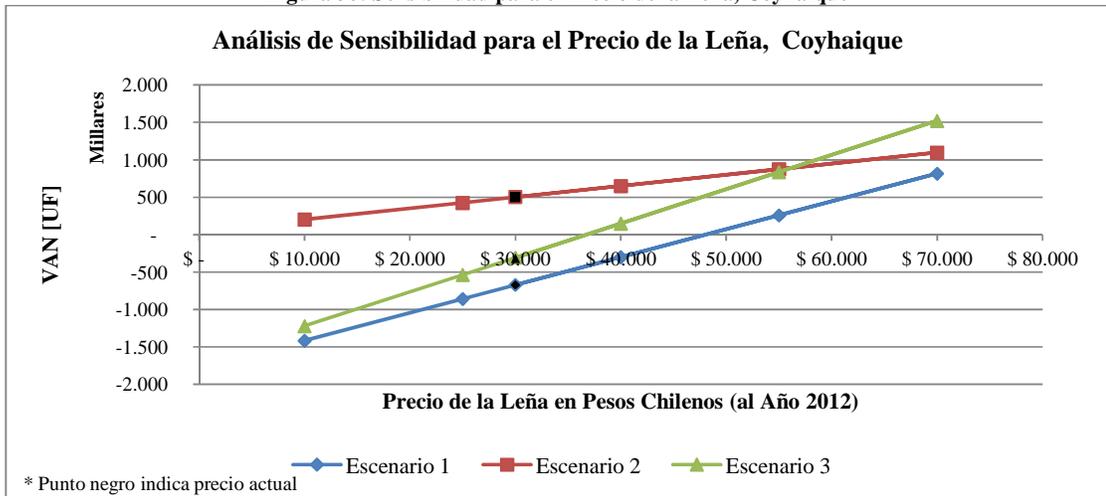


Figura 38: Sensibilidad para el Precio de la Leña, Coyhaique



7.7.2.3. Variable: Costo de un Caso de Mortalidad

Dado que el precio de la vida es un valor subjetivo y sujeto a discusión, se realiza un análisis de sensibilidad para la variable “Costo de un Caso de Mortalidad”.

De esta manera, los gráficos presentados a continuación muestran las variaciones del VAN de cada alternativa para distintos costos de un caso de mortalidad. En ellos, los valores de corte del eje horizontal (presentados en la Tabla 25) corresponden a la mínima disposición a pagar que debiese existir para que la alternativa sea rentable.

Tabla 25: Mínima Disposición a Pagar [UF]

Ciudades	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Talca	3.623	0	3.296
T-PLC	0	0	1.767
Coyhaique	14.952	0	8.611

Figura 39: VAN v/s Costo Caso de Mortalidad, Talca

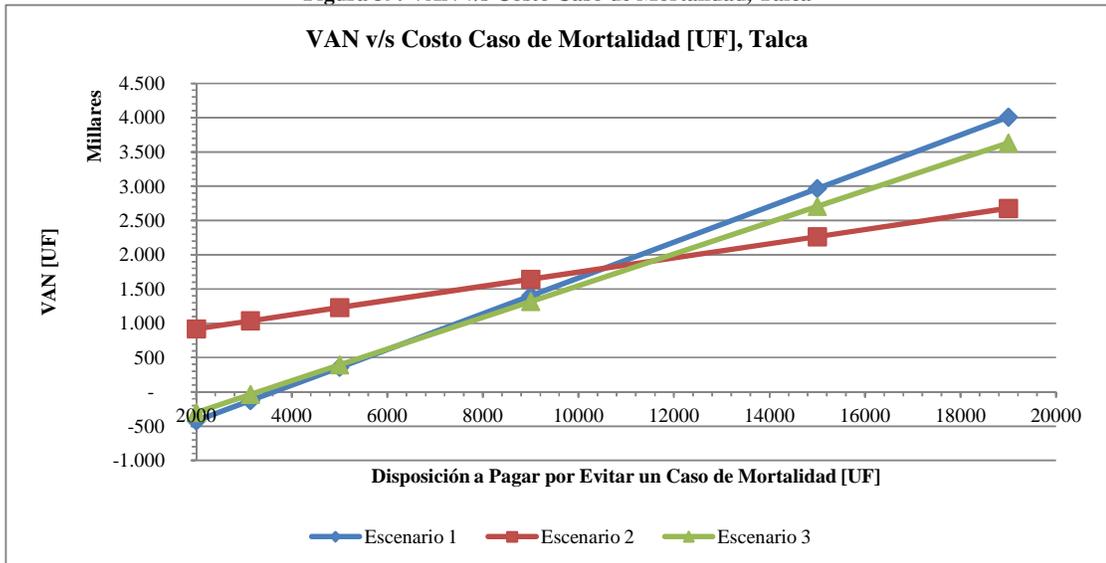


Figura 40: VAN v/s Costo Caso de Mortalidad, T-PLC

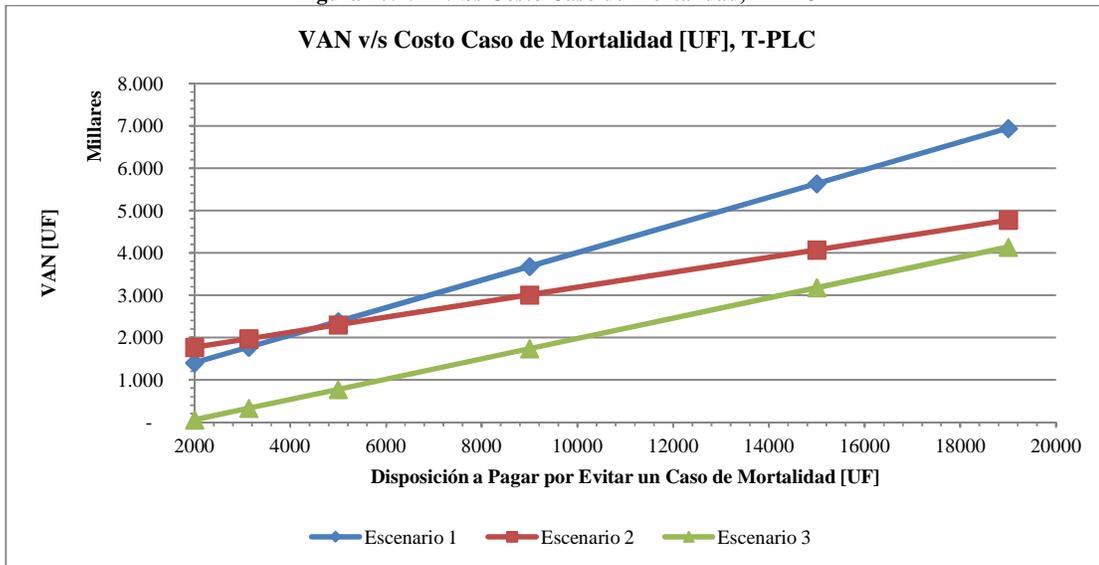
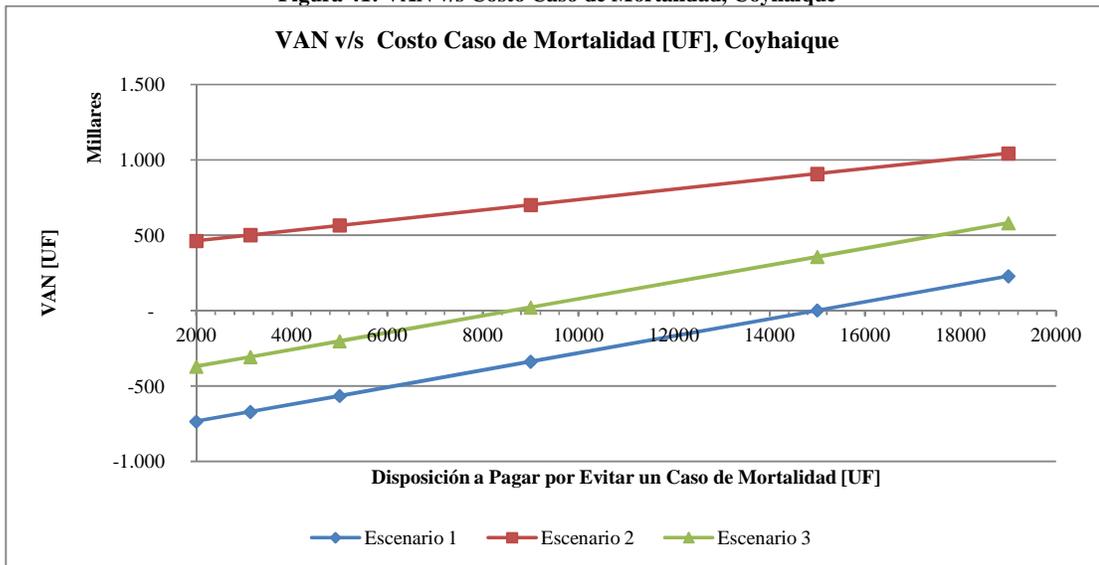


Figura 41: VAN v/s Costo Caso de Mortalidad, Coyhaique



7.8. Observaciones Visitas a Terreno

Con el objetivo de conocer aspectos cualitativos referentes a la implementación de las alternativas, se sostuvieron conversaciones con distintos profesionales del MMA, profesores, leñeros, productores de pellet, comerciantes de estufas y otras personas de la ciudad de Temuco, algunos de los cuales se nombran a continuación:

- Sra. Jimena Silva, profesional del Departamento de Asuntos Atmosféricos del Ministerio del Medio Ambiente a cargo de los Programas de Recambio de Calefactores.
- Sr. Miguel Canale, representante de la empresa BIOMASS comercializadora de estufas a leña y pellet en Chile.
- Sr. Renzo Godoy y Sr. Felipe Salazar, representantes de la empresa ECOMAS S.A., productores de pellet en Chile.
- Sr. Erico Mansilla y Joaquín Vidal, vendedores de las empresas Bosch y Palazzetti en Temuco.

- Sr. Eugenio Collados, profesional de la consultora Ambiente Consultores Ltda.
- Profesor Eduardo Contreras, profesor del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile.

A raíz de lo comentado y observado es posible afirmar lo siguiente:

1. Existe un porcentaje de personas que se prepara para el invierno y compra leña antes del período de calefacción. Al mismo tiempo, existe un porcentaje de personas que se preocupa de la calidad de la leña al momento de la compra (principalmente respecto a la humedad de esta por las dificultades de encendido que conlleva) y de mantenerla protegida de la humedad en sus viviendas
2. Las ordenanzas municipales son un sistema de control efectivo de la humedad de la leña, lo que queda demostrado por la constante preocupación de los leñeros por cumplir los estándares exigidos, sean o no negocios formales.
3. En el caso de las estufas a pellet, las motivaciones que originan la compra son distintas. Sin embargo, es posible observar que si bien la mayoría de los clientes las prefieren por un tema de comodidad, existe un porcentaje de clientes que las prefiere por su menor impacto en el medio ambiente y por conveniencia económica.
4. El interés por las estufas y calderas a pellet ha aumentado este año con respecto al pasado, lo que queda demostrado en el aumento de las unidades vendidas en las distintas empresas.
5. El conocimiento acerca de la tecnología del pellet en Temuco es vago, lo que puede corroborarse al conversar con la gente de la ciudad acerca del tema, quienes muchas veces desconocen por completo la tecnología o tienen algunas nociones.
6. Existen muy pocos lugares de venta del pellet y estos corresponden, en su gran mayoría, a locales específicos orientados sólo al rubro de las estufas y calderas. Además, es posible afirmar que, en general, la gente desconoce los lugares de venta del combustible.
7. Si bien se espera que la disponibilidad de pellet aumente con en el futuro (debido a que así lo indican las proyecciones de producción ECOMAS y a que además entrará un nuevo productor en la ciudad de Temuco durante el próximo año), esta es a la fecha insuficiente si se quiere realizar un recambio masivo de estufas a pellet. Esto queda demostrado por el agotamiento del stock de combustible en distintos puntos de venta y por la preocupación, tanto de vendedores y de instalaciones como colegios, consultorios y empresas, por asegurar el abastecimiento de pellet durante el año.
8. Existe un interés de parte de los vendedores de estufas y calderas a pellet por traer a Chile nuevas tecnologías, lo que queda demostrado por la importación reciente de cocinas a pellets y de nuevos modelos de estufas.
9. A la fecha no existe un laboratorio a cargo de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles que mida los distintos modelos de estufas y actúe de referente para otros laboratorios. Si bien, en el pasado existieron esfuerzos para crear uno de estas características, la evaluación realizada no resultó ser rentable por lo que se desechó esta idea.
10. Existe un porcentaje de personas pertenecientes a distintos niveles socioeconómicos que, además de quemar leña en sus artefacto, tienen la mala práctica de quemar basura y otros residuos.

8. Discusiones

8.1. Comparación de Alternativas

Una de las principales dificultades de comparar alternativas tiene relación con la homologación de los resultados obtenidos mediante distintas metodologías.

Para este estudio en particular, fue posible observar que al utilizar una temperatura base de 17°C, el Método Grados Hora subestimaba (con respecto al escenario base) en alrededor de un 25% las emisiones de MP2,5 al año 2012.⁷⁰ El impacto de este porcentaje en las concentraciones, y consecuentemente en el número de casos evitados, era considerable.

Dado lo anterior, y para la correcta comparación de las alternativas, fue fundamental encontrar una manera de obtener las mismas emisiones de MP2,5 al año 2012, para lo cual se decidió calcular la única variable que hasta el momento se había supuesto y que corresponde a la temperatura base. Los valores obtenidos fueron calculados por inspección y corresponden a valores cercanos a los 20°C en todas las ciudades.

Si bien, los valores obtenidos y utilizados son valores altos en comparación a los típicamente usados de 15°C o 17°C, no son valores lejanos a lo que ocurre en la práctica. De hecho, existen estudios que demuestran que la temperatura promedio al interior de una vivienda reacondicionada es de 22°C, por lo que asumir 20°C de temperatura base y 2°C de ganancias internas resulta ser algo coherente.

Es importante mencionar que, de no haber asumido esta temperatura y haber elegido una inferior, las estimaciones de las emisiones obtenidas mediante el Método Grados Hora hubiesen estado subestimadas durante todo el período de evaluación, repercutiendo esto directamente en el número de casos evitados.

8.2. Alternativas Evaluadas

A continuación se presentan algunas generalidades observadas en todas las ciudades para cada alternativa. Es muy importante mencionar que las alternativas evaluadas no son únicas ni excluyentes, por lo que en futuros estudios debiesen considerarse otras opciones y la combinación de estas de manera de encontrar un óptimo en cada alternativa a implementar.

8.2.1. Recambio de Calefactores a Pellets

La principal ventaja de los calefactores a pellets es que disminuyen en forma drástica las emisiones de material particulado. Debido a la tecnología, la combustión se realiza en forma automática y óptima, no pudiendo ser esto interferido por los actuales hábitos de operación de los usuarios.

La principal desventaja que presenta este sistema de calefacción tiene relación con la rentabilidad a nivel de vivienda. En muchas ciudades, las estufas a pellets pueden no ser hoy día competitivas frente al actual sistema a leña, explicándose esto por el bajo precio de este combustible y por los altos costos operacionales asociados no sólo a la compra del pellet sino también al uso de electricidad.

Se ha observado que las motivaciones que originan la preferencia de esta tecnología son, en su mayoría, debidas a un tema de comodidad y en particular para un sector social de altos ingresos. Además, de acuerdo a conversaciones sostenidas con usuarios de artefactos a leña de este sector, es posible afirmar que sus motivaciones no están asociadas al bajo costo

⁷⁰ Esta subestimación ocurría en todas las ciudades.

del combustible, lo que posibilita una restricción y/o prohibición de su uso sin afectar mayormente su calidad de vida.

Si bien, la efectividad de esta alternativa es alta en términos de emisiones residenciales, a nivel de ciudad puede no ser una alternativa que por sí sola resuelva el problema de la contaminación. Las causas de ello radican en la existencia de otros artefactos no incluidos en los PRC (como por ejemplo los braseros) o por las emisiones provenientes de otras fuentes distintas a la combustión de leña.

8.2.2. Recambio de Calefactores a Leña

La alternativa de Recambio de Calefactores a Leña se presenta como una alternativa rentable en todas las ciudades. Sin embargo, es a la vez la menos efectiva, lo que queda demostrado en las concentraciones obtenidas al final de los períodos de evaluación con respecto a los Escenarios 1 y 3. Dado esto, la implementación de un Recambio de Calefactores a Leña debiese ser complementada siempre con otro tipo de medidas que ayuden a disminuir las concentraciones en las ciudades.

A nivel de vivienda, la alternativa resulta ser conveniente debido a los ahorros de combustible generados por la mayor eficiencia del equipo. Motivo de esto, y tal como ha sucedido en los proyectos piloto realizados, es muy probable que exista un gran interés de parte de la población por implementar esta alternativa.

Es importante destacar que los Factores de Emisión en estufas a leña son altamente variables, por lo que en la práctica los valores reales pueden diferir bastante de los utilizados. Sin embargo, a la fecha no existe una forma de realizar mejores estimaciones, por lo que esta situación no puede ser mejorada.

Uno de los principales inconvenientes que presenta el Recambio de Calefactores a leña tiene relación con el poco control que se tiene sobre el modo de operar de los usuarios. Puesto que el uso del tiraje cerrado es una práctica común en la población, la modificación de este hábito es una tarea compleja que requiere años de campañas de educación y sensibilización, las cuales no aseguran efectividad.

Si a lo anterior se agrega que la vida útil de los artefactos es de alrededor de 25 años, se tiene un período de tiempo considerable durante el cual una parte del éxito de la alternativa queda exclusivamente en manos de los usuarios y de la efectividad de las campañas educacionales.

8.2.3. Reacondicionamiento Térmico

En teoría, el Reacondicionamiento Térmico es una alternativa que disminuye en forma significativa las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Sin embargo, tal como demuestran algunos estudios, las disminuciones de concentración obtenidas en la práctica son menores a las esperadas en teoría, lo que se explica por un cambio en el comportamiento de las personas posterior al reacondicionamiento térmico.

Lo que usualmente ocurre es que las personas mantienen, al interior de la vivienda, una temperatura mayor a la mantenida antes del reacondicionamiento. De este modo, las familias consumen una cantidad igual o levemente inferior a la destinada inicialmente, por lo que las emisiones de MP_{2,5} no varían en forma significativa.

Una forma de incorporar este fenómeno en las estimaciones realizadas es suponer un valor alto para la Temperatura Base en el Método Grados Hora, que fue lo que se hizo asumiendo valores cercanos a los 20°C. De esta manera, las condiciones asumidas para este escenario corresponden, probablemente, a algo más cercano a la realidad que se daría si se implementara esta alternativa.

Los resultados obtenidos muestran que, a pesar de haber supuesto un alto consumo luego del reacondicionamiento, existen ahorros de combustible en todas las ciudades, lo que en la práctica puede ser un gran incentivo a nivel de vivienda. Sin embargo, es importante mencionar que la cantidad de aislante aplicado en la evaluación realizada corresponde a la máxima cantidad posible, por lo que, de aplicar cantidades menores los ahorros de combustibles disminuirán también.

Por otra parte, tal como se muestra en la Figura 8, la alternativa de reacondicionamiento térmico resulta tener una efectividad similar a la de un recambio de calefactores a pellets. Esto se debe, como ya se mencionó, a la gran cantidad de aislante aplicado, ya que, de aplicar la cantidad mínima exigida en la Reglamentación Térmica las concentraciones obtenidas serían mayores.

Pese a lo anterior, el Reacondicionamiento Térmico no es suficiente para lograr la concentración objetivo en ninguna ciudad, motivo por el cual debiese ser complementada con otro tipo de medidas.

Referente a los montos subsidiados, el actual monto máximo que se puede obtener con el subsidio no supera la 100 o 130 UF dependiendo de la comuna, valor que es muy inferior a los actuales costos calculados para cada tipología de vivienda. Dado esto y para lograr una reducción de las emisiones residenciales a través de un reacondicionamiento térmico, se hace necesario aumentar los montos y la cobertura del actual subsidio otorgado por el MINVU.

8.2.4. Alternativas en la Ciudad de Talca

Las observaciones de la Sección 8.2 corresponden a generalidades presentes en las alternativas independientemente de las ciudades en las que se evalúan. Sin embargo, existen situaciones particulares que se generan a raíz de las condiciones propias de cada ciudad, las cuales se comentan a continuación en caso de existir.

De las tres ciudades bajo estudio, la ciudad de Talca presenta las peores condiciones de ventilación durante el período de uso de calefacción, lo cual queda demostrado a través del bajo FEC obtenido.

A pesar de que la ciudad no presenta grandes problemas respecto a la humedad de la leña, existe un porcentaje importante de usuarios que opera en forma inadecuada sus equipos, significando esto que, de mantenerse los actuales hábitos de operación, bajo ninguno de los escenarios se logra la concentración objetivo de 20 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] al año 2023. A raíz de lo planteado, se hace necesario apoyar cualquiera de las alternativas con otras medidas de reducción de la contaminación.

8.2.1.1. Recambio de Calefactores a Pellets

La alternativa de Recambio de Calefactores a Pellets presenta una serie de inconvenientes en Talca, los cuales tienen relación principalmente con la rentabilidad de esta a nivel social y residencial.

Los cálculos obtenidos muestran que el sistema de calefacción a pellets excede el costo actual de calefacción a leña en un 149%, motivo por el cual no resulta ser rentable a nivel residencial. Por las razones recién mencionadas, la introducción de este sistema de calefacción en una vivienda puede ser enormemente difícil en esta ciudad, siendo quizás indispensable incentivos como un impuesto al uso de la leña o un subsidio al pellet.

Es importante mencionar que el motivo por el cual no se logra la concentración objetivo en Talca tiene relación con las malas condiciones de ventilación en el período de uso de

calefacción y con la gran cantidad de emisiones provenientes de braseros⁷¹ y otras fuentes, las que al año 2023 se estiman generarían alrededor de 24[$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

8.2.1.2. *Recambio de Calefactores a Leña*

Al igual que en el resto de las ciudades, el Recambio de Calefactores a Leña se presenta como una alternativa rentable en Talca. La explicación de esto se debe a un conjunto de factores, como son los numerosos casos evitados producto de una cantidad no menor de población expuesta (249.993 habitantes al año 2012) y el ahorro de combustible seguro que conlleva la mayor eficiencia del equipo recambiado, además de la baja inversión necesaria.

A nivel de vivienda, la implementación de la alternativa significa actualmente un ahorro promedio anual de \$27.500, valor que representa el 32% del gasto actual.

En base a los resultados presentados, es posible afirmar que esta alternativa no resulta ser por sí sola una solución para disminuir las concentraciones de MP2,5 hasta los niveles deseados (20[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]). Es más, tal como lo demuestra el análisis de sensibilidad realizado (Figura 30), es posible observar que incluso bajo condiciones ideales de operación (es decir uso exclusivo de leña seca y buen manejo de los artefactos), no sería posible lograr la concentración objetivo de 20[$\mu\text{g}/\text{m}^3$] al año 2023.

8.2.1.3. *Reacondicionamiento Térmico*

Como es posible observar de las figuras y tablas presentadas, la alternativa de Reacondicionamiento Térmico no resulta ser una alternativa rentable. Sin embargo, esta situación podría ser revertida fácilmente si existieran pequeñas variaciones en el precio de la vida, en el actual precio de la leña o en el precio de las tecnologías.

Los análisis de sensibilidad realizados concluyen que la alternativa podría ser rentable socialmente si se asignara un valor a la vida de 3.296 UF (en vez de las 3.133 UF utilizadas) o si el precio de la leña fuese cercano a los \$28.000/ m^3 (en vez de los actuales \$25.000/ m^3) o si la tecnología⁷² costase \$450/kg (en vez de los \$540 actuales).

Si alguna de las condiciones mencionadas anteriormente se cumplieran y las tres alternativas fuesen rentables, entonces la alternativa más conveniente sería el Reacondicionamiento Térmico y no el Recambio de Calefactores a Leña. La explicación de esto se debe a la poca diferencia en las concentraciones estimadas al año 2023 con respecto al Recambio de Calefactores a Pellets (según se muestra en la Figura 8) y a la mejor relación costo-beneficio obtenida a través del indicador BC (Tabla 22).

Una de las ventajas de la alternativa de Reacondicionamiento Térmico es que, en teoría, soluciona el problema de las emisiones de los braseros en Talca debido a que actúa a nivel de demanda de calefacción en la vivienda (regulando así la cantidad de leña combustionada en todos los artefactos). Sin embargo, debido a que la ciudad presenta muy malas condiciones de ventilación, incluso con un reacondicionamiento que supere ampliamente los estándares mínimos exigidos, no se logran las concentraciones deseadas al año 2023. Dado esto, se hace necesario complementar esta alternativa con otro tipo de medidas.

A nivel de vivienda, el Reacondicionamiento Térmico resulta ser rentable (genera ahorros de combustible estimados en un 68% respecto del gasto actual⁷³), motivo por el que su implementación podría ser exitosa en Talca.

⁷¹ Se debe recordar que los braseros no están considerados como artefactos sujetos a recambio dentro de los PRC.

⁷² Entendido como el material aislante.

⁷³ Para viviendas construidas antes del año 2000. En el caso de viviendas construidas antes del 2007 el porcentaje baja a un 61% aproximadamente.

8.2.1.4. Comparación de Alternativas

Según los criterios de selección utilizados, la alternativa de Recambio de Calefactores a Leña resulta ser la más conveniente en la ciudad de Talca, seguida del Reacondicionamiento Térmico y del Recambio de Calefactores a Pellets.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esta alternativa resulta a la vez ser la menos efectiva dado que mantiene las más altas concentraciones de MP2,5 al año 2023. Si a esto se suma el hecho de que la adquisición de un calefactor a leña condiciona su uso por al menos los próximos 25 años, esta alternativa no resulta ser una solución.

Además, según indican las estadísticas del INE, la Región del Maule presenta el menor ingreso promedio por hogar al año 2009 a nivel nacional. Dado esto, y considerando que el INACER de la región es bajo según se muestra en la Tabla 51, sería esperable que la población estuviese mayormente interesada en alternativas como el Reacondicionamiento Térmico (que sólo exige 3 UF de ahorro como requisito) o el Recambio de Calefactores a Leña, las cuales representan costos menores de inversión y una reducción mayor de los actuales costos de combustible.

Es importante destacar que la alternativa de Reacondicionamiento Térmico podría ser rentable si se considerara un precio de la vida superior en 163 UF respecto del valor original utilizado. Si así fuese, y en base a los criterios de selección planteados, ésta sería la alternativa más conveniente y no el Recambio de Calefactores a Leña.

8.2.1.5. Otros Alcances

Como se mencionó anteriormente, en la ciudad de Talca existe un porcentaje importante de viviendas que declaran poseer braseros (18%). Dado que los PRC no contemplan el recambio de este tipo de artefactos y dado el análisis de sensibilidad realizado (Figura 30) se hace necesario considerar la posibilidad de tomar otro tipo de medidas, como por ejemplo realizar recambios de calefactores en conjunto con reacondicionamientos térmicos, prohibir el uso de leña en algunos sectores o incorporar medidas para la emisión de MP2,5 proveniente de otras fuentes.

8.2.5. Alternativas en la Localidad de Temuco-Padre Las Casas

En la localidad de Temuco-Padre Las Casas todas las alternativas resultaron ser rentables, lo que se debe a la gran cantidad de casos evitados producto de la gran cantidad de población expuesta y a los altos costos actuales de la leña, lo que genera ahorros de combustible a nivel de vivienda.

Como puede observarse en las Figura 21, Figura 22 y Figura 23, entre el 52% y el 70% de los beneficios estimados provienen de ahorros de combustible, lo que indica que gran parte de los beneficios obtenidos serán recibidos directamente por la población a través de los ahorros de combustible.

8.2.1.6. Recambio de Calefactores a Pellets

La alternativa de Recambio de Calefactores a Pellets en Temuco-Padre Las Casas es la única alternativa, entre todas las ciudades, que logra llegar a una concentración de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por si sola al fin del período de evaluación.

Además, es una alternativa rentable socialmente y a nivel de vivienda. Las causas que explican la rentabilidad social corresponden a los numerosos casos evitados (producto de la gran cantidad de población expuesta al MP2,5) y a los grandes ahorros de combustible a nivel de vivienda, los cuales se estiman en alrededor de un 49% respecto del gasto actual de leña.

Por otra parte, la localidad de Temuco-Padre Las Casas presenta el menor precio promedio del pellet (Ver Tabla 11) y el mayor precio de la leña. Los motivos que pueden

explicar esta situación pueden estar relacionados con las numerosas certificaciones de leñerías realizadas, las cuales podrían haber hecho subir el precio de la leña y con ello generar un mayor interés por la tecnología del pellet, conllevando esto a una disminución de su precio.

8.2.1.7. Recambio de Calefactores a Leña

Al igual que en todas las ciudades, el Recambio de Calefactores a Leña resulta ser socialmente rentable, lo cual se debe en gran medida a los grandes ahorros de combustible generados por la mayor eficiencia del calefactor.

A nivel de vivienda, la alternativa representa un ahorro anual de alrededor de \$159.000, equivalente al 31% del gasto actual.

Al igual que en todas las ciudades, esta alternativa presenta los mayores niveles de concentración al final del período, por lo que, en términos de efectividad resulta ser la menos conveniente y debiese ser complementada con otro tipo de medidas.

8.2.1.8. Reacondicionamiento Térmico

El Reacondicionamiento Térmico en Temuco y Padre Las Casas corresponde a la alternativa donde se requiere la mayor inversión, lo que se debe a la gran cantidad de viviendas a reacondicionar y a los mayores costos de materiales producto de exigencias térmicas más estrictas.

Al igual que en todas las ciudades, es posible observar que existe un ahorro de combustible en las viviendas, el cual se estima en alrededor de \$368.000 anuales (equivalente al 71% del gasto actual).

8.2.1.9. Comparación de Alternativas

Según los criterios de selección utilizados, la alternativa de Recambio de Calefactores a Pellets resulta ser la más conveniente en la localidad de Temuco-Padre Las Casas, seguida del Reacondicionamiento Térmico y el Recambio de Calefactores a Leña.

Como es posible observar en la Figura 8, la alternativa de calefactores a pellets permite llegar a la concentración deseada de $20[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ al año 2020, pudiendo llegar incluso a un valor cercano a $8[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ si todos los artefactos fuesen operados con leña seca y en forma correcta (Figura 31). Según lo señalado, es posible observar la importancia que los actuales hábitos de combustión tienen en las concentraciones de la ciudad y por lo mismo, la gran necesidad de realizar campañas de educación y sensibilización efectivas en esta ciudad.

Además, puesto que la alternativa es poco conocida y genera ahorros a nivel de vivienda, se debiese difundir la existencia de esta tecnología en la ciudad en todos los segmentos socioeconómicos. Sin embargo, es importante tener presente que, como se mencionó en la Sección 7.8, existe una parte de la población que tiene la mala práctica de quemar basura y otros elementos.

Lo anterior podría llegar a convertirse en un tema complejo en los sectores de menores ingresos que, en caso de no tener la solvencia económica para comprar pellets, eventualmente podrían continuar con este comportamiento en una estufa a pellet y terminar dañándola.

8.2.6. Alternativas en la Ciudad de Coyhaique

La ciudad de Coyhaique se caracteriza por tener una alta demanda de calefacción (Ver Tabla 34), por lo que las emisiones residenciales son mucho mayores que en el resto de las ciudades. De igual modo, la ciudad se caracteriza por tener muy pocos habitantes (Ver Anexo 11.2), por lo que los beneficios estimados con cada alternativa son pequeños.

8.2.1.10. Recambio de Calefactores a Pellets

El Recambio de Calefactores a Pellets en la ciudad de Coyhaique tiene los mismos inconvenientes que en la ciudad de Talca, vale decir, técnicamente no logra llegar a la concentración deseada y tampoco es rentable socialmente ni a nivel de vivienda.

La principal razón que explica la imposibilidad de alcanzar la concentración objetivo tiene relación con la antigüedad del parque de artefactos. Debido a que se trata de un parque más bien antiguo, es esperable una alta tasa de recambio natural de los equipos durante el período de evaluación (Ver Anexo 11.28). De esta manera, si bien se tienen calefactores más eficientes y limpios, esto no sería suficiente para lograr las concentraciones objetivo ya que estarían operados bajo los actuales hábitos de combustión.

Por otra parte, dado que Coyhaique es una ciudad de pocos habitantes (en comparación a Talca y T-PLC), el impacto de la disminución de las concentraciones recae en pocas personas, lo cual se traduce en un beneficio bajo a la hora de calcular los casos de mortalidad y enfermedad evitados. Si a esto se suma el hecho de que la inversión de esta alternativa es alta y que los costos de operación de la misma superan los actuales costos de calefacción, se tiene un VAN negativo de -670.323 UF.

A nivel de vivienda la alternativa del pellet no es conveniente y sus costos de operación exceden en un 37% los costos actuales, motivo por el cual su introducción como sistema de calefacción es difícil en esta ciudad.

Dados todos los inconvenientes mencionados, la alternativa de Recambio de Calefactores a Pellet aún no es una solución viable en la ciudad de Coyhaique.

8.2.1.11. Recambio de Calefactores a Leña

La alternativa de Recambio de Calefactores a Leña resulta ser la única alternativa rentable en la ciudad de Coyhaique con un VAN de 502.305 UF. La principal razón de esta rentabilidad se explica por el gran ahorro de combustible que conlleva la implementación de esta alternativa, el cual se estima en un valor anual de \$221.456 y representa una disminución del 40% del gasto actual.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esta alternativa no soluciona el problema de la contaminación, por lo que de ser implementada sería necesario realizar campañas de educación y sensibilización. En este sentido, tal como muestra la Figura 32, el uso adecuado de los artefactos podría llegar a reducir hasta en 43 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] las concentraciones al año 2023.

8.2.1.12. Reacondicionamiento Térmico

La alternativa de Reacondicionamiento Térmico no resulta ser una alternativa rentable en la ciudad de Coyhaique, debido principalmente, a los bajos beneficios obtenidos por casos evitados.

Asimismo, los altos costos asociados a la instalación encarecen la alternativa, no pudiendo ser cubiertos dentro del período de evaluación por el ahorro de combustible.

Por otra parte, como es posible observar en la evolución de las concentraciones, esta alternativa no logra la concentración objetivo al 2023, por lo que un reacondicionamiento térmico debiese estar complementado con otro tipo de medidas.

8.2.1.13. Comparación de Alternativas

Dados los criterios de selección utilizados, el Recambio de Calefactores a Leña corresponde a la alternativa más conveniente en la ciudad de Coyhaique, lo que se debe a que resulta ser la única rentable. En segundo lugar de conveniencia se encuentra el Reacondicionamiento Térmico y el Recambio de Calefactores a Pellets.

Sin embargo, al igual que en el resto de las ciudades, los calefactores a leña no resuelven el problema de la contaminación, por lo que su implementación debiese complementarse con otras medidas. Los análisis de sensibilidad realizados permiten concluir que el uso adecuado de los calefactores puede reducir en forma significativa las concentraciones al año 2023, por lo que se hace necesario desarrollar fuertes y efectivas campañas de educación.

Por otra parte, la Región de Aysén presenta un ingreso promedio por hogar superior al promedio nacional al año 2009, además de un INACER del 5,17% para el período 2007-2011 (el más alto de las tres regiones). Dada esta situación económica favorable, sería conveniente identificar cual es la disposición a pagar de la gente de la ciudad por el sistema de calefacción a pellets y si, dados sus ingresos, es o no conveniente incentivar su uso en la zona.

8.3. Leña Seca

Como es posible apreciar en la Sección 7.7.1.2, el uso exclusivo de leña seca tiene un impacto mínimo en las concentraciones de cada ciudad. Esto se debe a la pequeña reducción de emisiones residenciales y a la gran cantidad de MP2,5 necesaria para cambiar las concentraciones.

Dado lo anterior, es posible concluir que el impacto de la certificación de leñerías, y el consecuente uso de leña seca, no son un gran aporte en la disminución de concentraciones. Esto no quiere decir que no se deban promover las certificaciones, sino que, de acuerdo a los valores obtenidos en este estudio, se debe tener conciencia de que el objetivo de estas no debiese ser disminuir la contaminación, sino convertir el actual mercado de la leña en un mercado formal que evite la evasión de impuestos, disminuya el deterioro del bosque nativo y establezca estándares de calidad del combustible.

Sin embargo, puesto que las emisiones de MP2,5 son altamente volátiles, es posible que futuras mediciones entreguen factores de emisión distintos a los utilizados en el presente estudio, pudiendo ser estos mayores o menores. De ocurrir esto, y considerando que una parte de la población se preocupa de comprar leña seca y de mantenerla protegida (según se indicó en la Sección 7.8), sería conveniente considerar algunas medidas que apoyen el secado de leña a nivel de vivienda y de leñerías. Algunas de las medidas a considerar son:

i) Identificar las causas por las que algunas leñerías no realizan el proceso de certificación y las causas por las que no cumplen los estándares de humedad en leñerías ya certificadas.

ii) Diseñar una estructura de almacenamiento de leña que, además de disponerla de manera que optimice su proceso de secado, se adecúe a distintos espacios de la vivienda y sea atractiva visualmente para los consumidores, de manera que incentive su utilización.

iii) Evaluar la posibilidad de establecer períodos de restricción para la tala de árboles durante los meses de verano debido a que es en esta época cuando la savia sube por el tronco y aumenta la humedad del mismo.

iv) Modificar el actual modelo de negocio de las leñerías y crear una institución que se encargue de la compra centralizada, del secado y de la distribución de la leña a estos, de manera que se asegure la calidad del combustible y se pueda transparentar el proceso desde el corte de la madera hasta la venta.

8.4. Valor de la vida

El valor de la vida humana y la inclusión de los costos de mortalidad en los estudios es un tema sujeto a permanentes críticas. El principal motivo de esto tiene relación con los altos

valores asignados a la vida, lo que conlleva a que numerosos proyectos se justifiquen casi en su totalidad por los casos de mortalidad evitados.

La bibliografía consultada establece que existen suficientes estudios que demuestran una relación causal entre la concentración del MP_{2,5} y la mortalidad a corto plazo, por lo que se considera absolutamente necesaria la inclusión de estos en el estudio.

Referente al valor elegido, se ha optado por un valor conservador, el cual corresponde al “Capital Humano” presentado en el estudio “Estimación de los Costos de Fallecimiento Prematuro a Través del Enfoque de Capital Humano” (Ministerio de Desarrollo Social, 2011).

La principal ventaja que presenta esta elección es que el valor utilizado (3.133 UF) corresponde a la pérdida de la productividad futura esperada en una persona en Chile como consecuencia de un caso de mortalidad prematura. Dado esto, y tal como se menciona en el estudio, el “Capital Humano” corresponde a un valor muy conservador que bien podría subestimar la disposición a pagar de las personas ante cambios en el riesgo de muerte. Es más, a juicio de expertos, es considerado una “cota inferior” del valor de la vida.

Si bien, en distintos estudios se utilizan y sugieren otros valores (8.600 UF y/o 36.000 UF), estos no son utilizados debido a que podrían sobreestimar el valor de la vida en Chile.⁷⁴ Esto se debe principalmente a la forma de obtención de los valores, los cuales fueron determinados mediante la aplicación de encuestas en Estados Unidos utilizando el Enfoque de Disposición a Pagar, por lo que, dadas las diferencias económicas y de calidad de vida entre ambos países, no se cree recomendable su aplicación.

Referente a la disposición a pagar en Chile, fue posible determinar cual debiese ser el valor requerido en cada ciudad para hacer rentable las distintas alternativas. Los resultados obtenidos muestran que, en el caso particular de Talca, una pequeña variación en el valor asignado puede cambiar completamente la conveniencia y elección de las alternativas.

Motivo de lo anterior es que se hace muy necesario discutir cual es el valor de la vida y la disposición a pagar por evitar un caso de mortalidad en Chile.

8.5. Visita a Terreno

Las conversaciones sostenidas con leñeros, autoridades, productores de pellet y comercializadores de estufas permitieron visualizar algunas situaciones que se discuten a continuación. Estas observaciones son sólo de naturaleza cualitativa, por lo que sería recomendable fuesen corroboradas por estudios a desarrollar en el futuro.

8.5.1. Disponibilidad de Pellet

Uno de los principales inconvenientes de la implementación de un recambio masivo de estufas a pellets es la poca disponibilidad de este combustible en el comercio y la concentración de su producción en prácticamente un solo productor, el cual posee una participación de mercado de alrededor del 95%.

Por otra parte, si bien, la reciente Ley 20.586 otorga a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles las atribuciones necesarias para regular el consumo de la leña y sus derivados, a la fecha estos dendroenergéticos no han sido declarados como combustibles ante la ley, lo que imposibilita el desarrollo de políticas públicas. En este contexto, no podrían

⁷⁴ Los estudios a los que se hace mención corresponden al estudio “Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio” (GreenLabUC, 2011b) y al estudio “Análisis General de Impacto Económico y Social de la Norma de Emisión de Material Particulado Respirable para Artefactos de Combustión Residencial de Leña” (Donoso et al, 2011)

implementarse subsidios a estos combustibles, como tampoco al incentivo de la producción de pellets.

Dado este escenario, se hace indispensable declarar la leña y sus derivados como combustibles ante la ley en el corto plazo, para así poder crear incentivos a la producción del pellet, los cuales permitirán asegurar su disponibilidad en el mercado y disminuir los actuales costos al crear un mercado con más competidores.

8.5.2. Transferencia Tecnológica

Dado que la innovación en Chile con respecto a las estufas a leña y pellets es baja en comparación a Estados Unidos y otros países de Europa, se hace necesario incentivar la transferencia de tecnologías desde esos lugares. Para esto se debiesen asignar recursos económicos para la creación y el desarrollo de instancias (giras internacionales, visitas de expertos, cursos, charlas, etc.) que permitan impulsar el desarrollo y el crecimiento de este sector, contemplando a todos los actores involucrados en los distintos procesos existentes (tala de árboles, construcción de artefactos, innovación, etc.).

8.5.3. Aranceles en Zonas Extremas

Actualmente, la zona franca de Punta Arenas está exenta de aranceles impositivos y del impuesto al valor agregado (IVA), los cuales, de existir, serían traspasados en su totalidad a los consumidores. Este escenario se presenta como una posible oportunidad para importar calefactores a menor precio, lo que para la población representa un incentivo a la adquisición de estos.

8.5.4. Bonos de Leña y Pellet

La aplicación del bono de leña en Coyhaique durante el año 2012 generó una escasez de este combustible y un aumento del precio del mismo en la ciudad. Por otra parte, uno de los efectos positivos de la aplicación de este bono fue el proceso de educación que se generó a través de la entrega del combustible. En este sentido, los beneficiarios pudieron visualizar la cantidad de leña contenida en un metro cúbico y compararla con la cantidad que habitualmente compraban en el mercado informal, dándose cuenta de las diferencias existentes entre ambas.

Como se dijo anteriormente, las leyes del país no contemplan a la madera y sus derivados como combustible, por lo que un subsidio de leña o pellet no es posible en este momento.

8.5.5. Medición de Artefactos por Instituciones Estatales

Actualmente, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) es el organismo encargado de otorgar los permisos para la medición de artefactos a los laboratorios que lo soliciten.

Debido a que en el pasado se deseaba contar con un laboratorio a cargo de la SEC que midiese los distintos modelos de artefactos y fuese un referente para el resto de los laboratorios, se evaluó la factibilidad de crearlo. Los resultados obtenidos permitieron concluir que el proyecto no era rentable, motivo por el cual se descartó esta posibilidad y finalmente los laboratorios resultaron ser de carácter privado y fiscalizados por el nombrado organismo. Sin embargo, esta evaluación se hizo con los costos (infraestructura, equipamiento y recurso humano) y bajo las condiciones de mercado del momento, las cuales podrían eventualmente cambiar en el futuro y revertir los resultados obtenidos.

Dado que sería muy recomendable contar con un laboratorio de estas características, sería conveniente evaluar en el futuro la posibilidad de crearlo modificando el modelo de negocios planteado en ese momento.

9. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que en las alternativas evaluadas no existe un orden definido de conveniencia en función de la ubicación geográfica de las ciudades. A pesar de esto, es posible observar algunas características particulares de las alternativas e independientes del lugar en el que se implementen:

La alternativa de Recambio de Calefactores a Pellets corresponde a una solución altamente efectiva que disminuye, casi en forma total, las emisiones de MP2,5. Sin embargo, es una alternativa cuya inversión y cuyos costos de operación aún son altos para la mayoría de las ciudades en Chile, razón por la cual el cambio a esta tecnología depende en gran medida del poder adquisitivo de los hogares.

El Recambio de Calefactores a Leña, por otra parte, es una alternativa de baja inversión y altamente rentable a nivel de vivienda producto de los ahorros generados por la mayor eficiencia del equipo. Sin embargo, es una opción que no permite disminuir en forma considerable las emisiones de MP2,5 debido a que permite que los usuarios mantengan sus actuales malos hábitos de operación, lo que lleva a que en la práctica no sea una solución al problema de contaminación.

En el caso del Reacondicionamiento Térmico es posible estimar que, incluso aplicando una gran cantidad de aislante a las viviendas, esta medida resulta insuficiente para lograr los niveles de concentración de MP2,5 deseados, motivo por el cual debiese ser complementada con otro tipo de medidas. Además, los actuales montos entregados por el subsidio son insuficientes para lograr un cambio en las actuales concentraciones, motivo por el cual debiesen ser mejorados tanto en cantidad como en cobertura.

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible afirmar que la rentabilidad y la efectividad de las alternativas evaluadas están fuertemente determinadas por las condiciones propias de las ciudades en las que se implementan. En este sentido, las condiciones de ventilación de la ciudad, la cantidad de habitantes expuestos y los precios de los combustibles son variables relevantes en la conveniencia y elección de cada alternativa.

En el caso de la ciudad de Talca, la alternativa más conveniente resulta ser el Recambio de Calefactores a Leña, lo cual se explica por la no rentabilidad de las otras dos opciones. Sin embargo, la alternativa de Reacondicionamiento Térmico podría llegar a ser más conveniente si existieran pequeñas variaciones en algunas de las variables consideradas, como son el valor de la vida humana, el precio de la leña o el precio de las tecnologías.

Para la misma ciudad de Talca se descarta el Recambio de Calefactores a Pellet debido a los altos costos operacionales y de inversión necesarios y a que la región presenta los menores ingresos promedio por hogar a nivel nacional.

En el caso de Temuco - Padre Las Casas, la alternativa más conveniente corresponde al Recambio de Calefactores a Pellets. Esto se debe a que existe un ahorro de salud importante y a que las condiciones de mercado son tales que esta alternativa resulta ser competitiva frente al actual sistema de calefacción a leña.

El mayor problema que enfrenta la alternativa de Recambio de Calefactores a Pellets es que, hasta el momento, la madera y sus derivados no han sido declarados como combustibles ante la ley, lo que imposibilita el desarrollo de políticas públicas en esta materia. Por otro

lado, la producción de pellets es hoy día un monopolio, por lo que, de promover esta alternativa debiesen existir esfuerzos orientados a incentivar la creación de un mercado competitivo.

Al igual que en Talca, la alternativa de Recambio de Calefactores a Leña resulta ser la más conveniente en la ciudad de Coyhaique debido a que es la única rentable. Sin embargo, como ocurre en todas las ciudades, dista mucho de ser una solución al actual problema de contaminación.

Una de las condiciones favorables de Coyhaique es que es muy probable que exista una mayor aceptación al sistema de calefacción a pellet debido a que, en comparación a la ciudad de Temuco, la Región de Aysén presenta un mayor ingreso promedio por hogar. Frente a este escenario en la ciudad, se hace fundamental difundir la tecnología y crear las condiciones para que el mercado del pellet sea competitivo.

En relación a la humedad de la leña, es posible concluir que el uso exclusivo de leña seca tiene un impacto mínimo en las concentraciones de cada ciudad. Dado esto, la certificación de leñerías no debiese estar concebida como una de las principales medidas para disminuir la contaminación. Caso contrario es el efecto que tiene la mal operación de los artefactos, el cual aumenta en forma considerable las emisiones y concentraciones de MP2,5.

Las proyecciones de las concentraciones de MP2,5 indican que, en el caso de Talca y Coyhaique, ninguna de las medidas es suficiente por si sola para lograr una concentración de $20[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. Dado esto, cualquiera de las alternativas evaluadas en estas ciudades debiese complementarse con otras que apoyen la disminución de la contaminación.

En vista de lo expuesto anteriormente, se hace necesario tomar algunas medidas primordiales, como son i) la declaración de la madera y sus derivados como combustibles, de modo que permitan tomar las medidas necesarias para crear un mercado competitivo del pellet, ii) la asignación de un valor a la vida humana de acuerdo al método de Disposición a Pagar para evitar ambigüedad en evaluaciones futuras y iii) el desarrollo de campañas de educación y sensibilización efectivas ya que son un aporte importante al total de emisiones de MP2,5.

Además, como medidas secundarias a implementar se encuentran: i) la mejora de los montos y cobertura del subsidio de reacondicionamiento térmico, ii) el desarrollo de transferencias tecnológicas y iii) la evaluación de medidas de restricción y/o prohibición del uso de leña en sectores de altos ingresos.

Glosario de Términos

ACS	Agua Caliente Sanitaria
APL	Acuerdo de Producción Limpia
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CNE	Comisión Nacional del Energía
D.S.	Decreto Supremo
DH	<i>District Heating</i>
DLP	Días Laborales Perdidos
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
FE	Factor de Emisión
FEC	Factor Emisión-Concentración
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
INFOR	Instituto Forestal
IPC	Índice de Precios al Consumidor
ME	Ministerio de Energía
MINSAL	Ministerio de Salud
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MP	Material Particulado
MP2,5	Material Particulado de Diámetro Aerodinámico Inferior a 2,5 Micrones
MP10	Material Particulado de Diámetro Aerodinámico Inferior a 10 Micrones
PDA	Plan de Descontaminación Atmosférica
PPDA	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica
PRC	Programa de Recambio de Calefactores
R.T.	Reglamentación Térmica
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial
SINCA	Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire
SNCL	Sistema Nacional de Certificación de Leña
T-PLC	Temuco y Padre Las Casas
UDEC	Universidad de Concepción
VAN	Valor Actual Neto

10. Bibliografía

- [1] AMBIENTE CONSULTORES LTDA. 2007. Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de una Norma de Emisión para Artefactos de Uso Residencial que Combustionan con Leña y Otros Combustibles de Biomasa. Santiago, Chile. p111.
- [2] AMBIENTE CONSULTORES LTDA. Y PRIEN, UNIVERSIDAD DE CHILE. 2007. Preinversional para el Reacondicionamiento Térmico del Parque de Viviendas Existentes, ETAPA 1. Santiago, Chile. p195.
- [3] AMBIOISIS. 2009. Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por MP10 en la Ciudad de Talca. Talca, Chile. p357.
- [4] BLÜMEL G, ESPINOZA R., DOMPER M.L. [200-]. Crecimiento Económico, Precios de la Energía e Innovación Tecnológica. Libertad y Desarrollo, Santiago, Chile. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Santiago, Chile. p36.
- [5] CENMA. 2007. Análisis General del Impacto Económico y Social del Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas.
- [6] CENMA. 2008. Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas. Temuco, Chile. p221.
- [7] CENMA. 2010. Actualización del Inventario de Emisiones de Temuco y Padre Las Casas. Santiago, Chile. p259.
- [8] CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA EN RIEGO Y AGROCLIMATOLOGÍA. [en línea] Chile. <http://www.citrautalca.cl/html/agroclimatologia/resumen_datos_meteorologicos_talca.html> [consulta: 15 de Julio, 2012]
- [9] CENTRO DE MICRODATOS, DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA, UNIVERSIDAD DE CHILE. 2005. Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile. Santiago, Chile. p152.
- [10] CHILE. Instituto Nacional de Normalización. 1983. Norma Chilena Oficial NCh 851 Of. 83: Aislación Térmica – Determinación de Coeficientes de la Transmisión Térmica por el Método de la Cámara Térmica. p12.
- [11] CHILE. Instituto Nacional de Normalización. 1991. Norma Chilena Oficial NCh 853 Of. 91: Acondicionamiento Térmico – Envoltente Térmica de Edificios – Cálculo de Resistencias y Transmitancias Térmicas. p43.
- [12] CHILE. Instituto Nacional de Normalización. 2005. Norma Chilena Oficial NCh 2907 Of. 2005: Combustible sólido – Leña – Requisitos. p15.
- [13] CHILE. Instituto Nacional de Normalización. 2005. Norma Chilena Oficial NCh 2965 Of. 2005: Combustible Sólido – Leña – Muestreo e Inspección. p9.
- [14] CHILE. Instituto Nacional de Normalización. 2009. Norma Chilena Oficial NCh 3173 Of. 2009: Estufas que Utilizan Combustibles Sólidos – Requisitos y Métodos de Ensayo. p78.
- [15] CHILE. Ministerio de Energía. 2012. Regula la Certificación de los Artefactos para Combustión de leña y Otros Productos Dendroenergéticos, 16 de mayo 2012. p1.
- [16] CHILE. Ministerio del Medio Ambiente. 2011. Establece Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Fino Respirable MP2,5, 18 de enero 2011. p4.

- [17] CHILE. Ministerio del Medio Ambiente. 2012. Norma de Emisión de Material Particulado, Para los Artefactos que Combustionen o Puedan Combustionar Leña y Derivados de la Madera, 30 de julio 2012. p5.
- [18] CHILE. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 1995. Reglamento que fija el Procedimiento y Etapas para Establecer Planes de Prevención y de Descontaminación, 26 de octubre 1995. p6.
- [19] CHILE. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 1998. Establece Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Respirable MP10, en Especial de los Valores que Definen Situaciones de Emergencia.
- [20] CHILE. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2010. Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas. Santiago, Chile. 20 de Julio, 2008. p37.
- [21] CIFUENTES L. 2010. Relación de la Norma de Calidad Primaria MP2,5 con la Norma de Calidad Primaria de MP10. Santiago, Chile. p158.
- [22] CIFUENTES L., PRIETO J. J. Y ESCOBAR J. (2000). Valuation of mortality risk reductions at present and at an advanced age: Preliminary results from a contingent valuation study. Tenth Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, Crete, Greece.
- [23] COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA y DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA UNIVERSIDAD DE CHILE. 2005. Comportamiento del Consumidor Residencial y su Disposición a Incorporar Aspectos de Eficiencia Energética en sus Decisiones y Hábitos. Santiago, Chile. p75.
- [24] CONAF-CONAMA. [200-]. Guía "Consumir Leña: el Desafío de Conservar el Bosque Nativo y Contaminar Menos" de la Campaña por un Uso Eficiente y Responsable de Leña.
- [25] CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN. 2010. Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial. p443.
- [26] DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2011. Análisis General de Impacto Económico y Social de la Norma de Emisión de Material Particulado Respirable para Artefactos de Combustión Residencial de Leña.
- [27] DEPARTAMENTO DE METODOLOGÍAS/ DIVISIÓN PLANIFICACIÓN, ESTUDIOS E INVERSIONES, MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL. 2011. Estimación de los Costos de Fallecimiento Prematuro a Través del Enfoque de Capital Humano. Santiago, Chile. p29.
- [28] DICTUC S.A. 2008. Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas. Santiago, Chile.
- [29] DICTUC S.A. y GESTIÓN AMBIENTAL CONSULTORES 2008. Análisis de Antecedentes para Evaluación de Escenarios en la Elaboración de la Norma de Calidad Primaria de PM2,5. p162.
- [30] DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE, DEPARTAMENTO DE CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA. 2001. Climatología Regional. [en línea]. Chile. <<http://164.77.222.61/climatologia/>>. [consulta: 25 de Mayo 2012]

- [31] Diseño de Escenarios para Apoyar la Gestión del Aire en Temuco y Padre Las Casas. 2004. Por Pedro Sanhueza “et al”.
- [32] ECALSUR. 2012. Proyecto Recambio de Calefactores a Leña, XI Región-Chile.
- [33] ENVIROMODELLING LTDA. 2009. Análisis de Emisiones Atmosféricas en Coyhaique. p172.
- [34] ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL, UNIVERSIDAD DE TEMUCO. 2010. Caracterización e Información sobre Calidad de Aire y el Mercado de la Leña en la Región del Maule. Temuco, Santiago. p66.
- [35] Evolución de la Contaminación del Aire e Impacto de los Programas de Control en Tres Megaciudades de América Latina. 1999. Por Marina Lacasaña-Navarro “et al”. [en línea]. México. <<http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo.php?id=000602>>. [consulta: 03 de septiembre 2011] FERNÁNDEZ M. 2012. Estrategia País para el Control de la Contaminación Atmosférica por Combustión Residencial de Leña. Santiago, Chile.
- [36] GREENLABUC. 2011a. Guía metodológica para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire. Santiago, Chile. p207.
- [37] GREENLABUC. 2011b. Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio. Santiago, Chile. p67.
- [38] HOUCK J. E. Y SCOTT A. T., OMNI. [s.a.]. *Low Emission and High Efficiency Residential Pellet-Fired Heaters*. Estados Unidos. p10.
- [39] HOUCK J. E. y BRODERICK D., OMNI. 2005. *PM2.5 Emission Reduction Benefits of Replacing Conventional Uncertified Cordwood Stoves with Certified Cordwood Stoves or Modern Pellet Stoves*. Estados Unidos. p26.
- [40] INFOR. 2004a. Propuesta de una Metodología para el Estudio de la Demanda de Leña en Coyhaique y Puerto Aysén. Santiago, Chile. p142.
- [41] INFOR. 2004b. Propuesta de una Metodología para el Estudio de la Oferta de Leña en Coyhaique y Puerto Aysén. Santiago, Chile. p117.
- [42] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS [en línea] Chile. <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_poblacion_vivienda/censo2002/glosario_censal/pdf/glosariocenso.pdf> [consulta: 06 de Febrero, 2012]
- [43] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS [en línea] Chile. <http://espino.ine.cl/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPC_HL2KCOM&MAIN=WebServerMain.inl> [consulta: 09 de Febrero, 2012]
- [44] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS [en línea] Chile. <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/territorio/inacer/inacer.php> [consulta: 23 de Mayo, 2012]
- [45] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS [en línea] Chile. Estadísticas de Distribución del Ingreso y Consumo, y de la Seguridad Social. <http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/compendio_estadistico/pdf/2010/1.7estadistribucioningresoyseguridadsocial.pdf> [consulta: 22 de Octubre, 2012]
- [46] JOHN O’RYAN SURVEYORS S.A. 2011. Estudio Comparación de Precios y Calidad de la Leña en Época de Invierno en Valdivia, Temuco y Gran Concepción. Santiago, Chile. p254.

- [47] MESA PARA LA CERTIFICACIÓN DE LEÑA EN LA CIUDAD DE TALCA. [200-]. Diagnóstico de Uso y Comercialización de Leña en el Maule. Talca, Chile. p29.
- [48] MANSILLA H., GARCÍA R. TAPIA J., DURÁN H., URZÚA S. 1991. *Chemical Characterization of Chilean Hardwoods. Wood Science and Technology*, Spinger-Verlag 25: 145-149.
- [49] *MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, MANATŪ MŌ TE TAIAO*. 2007. *Warm Homes Technical Report, Real-life Emissions Testing of Pellet Burners in Tokoroa*. New Zealand. p15.
- [50] Observatorio Habitacional MINVU, Permisos de Edificación, Permisos por sistema de agrupamiento y comuna 2002-2010. [en línea]. Chile. <http://www.observatoriohabitacional.cl/opensite_20080122171157.aspx> [consulta: 29 de Febrero, 2012]
- [51] O'RYAN R. y LARRAGUIBEL L. 2000. Contaminación del aire en Santiago: ¿qué es, qué se ha hecho, qué falta? *Revista Perspectivas en Política, Economía y Gestión*. Vol.4, N° 1. pp 153-191.
- [52] *Particulate Emissions from Biomass Combustion in IEA Countries*. 2008. Por Thomas Nussbaumer "et al". Zürich, Suiza. p40.
- [53] POCH. 2010. Evaluación de Alternativas de Calefacción Distrital para las Comunas de Temuco y Padre Las Casas. [diapositivas]. Chile. 29 diapositivas.
- [54] PONCE M. y CÁRDENAS R. 2004. Determinación de la Importancia del Consumo de Leña por el Sector Industrial de la Décima Región y sus Implicancia Ambientales. Título de Ingeniero de Ejecución en Ambiente. Santiago, Chile. Universidad de Santiago de Chile. p65.
- [55] ROMERO PLACERES M., DIEGO OLITE F., ALVAREZ TOSTE M. 2006. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. [en línea]. Ciudad de la Habana, Cuba. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008&lng=es&nrm=iso>. [consulta: 25 diciembre 2011].
- [56] ROMIEU I, WEITZENFELD H, FINKELMAN J. Urban air pollution in Latin America and the Caribbean. *J Air Waste Manage Assoc* 1991; 41(9):1166-1170.
- [57] SERPRAM. 2006. Medición de Artefactos de Uso Residencial que Operan con Biomasa para Apoyar Procesos Regulatorios Ambientales. Chile. p20.
- [58] SJAAK VAN LOO y JAAP KOPPEJAN. 2008. Capítulo 4: Domestic Wood-Burning Appliances. En *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing*. Earthscan. Londres, Inglaterra. pp112-133.
- [59] ULLOA P., CONTRERAS C.G., COLLADOS E. 2010. Medidas costo-efectivas para reducir la contaminación del aire generada por la combustión de leña en ciudades del sur de Chile. Santiago, Chile. p19.
- [60] YASSI A, KJELLSTROM T, DE KOK T, GUIDOTTI T. 2002. Capítulo 5: El Aire. En *Salud Ambiental Básica*. México DF., México. pp 239-278.

11. Anexos

11.1. Número de Casas

Para el período 2002-2011, el número de casas anual es calculado con los registros del CENSO 2002 y los permisos de edificación otorgados hasta el año anterior por la Dirección de Obras Municipales⁷⁵.

Para la proyección del número de casas, la evaluación considera un crecimiento constante del número de estas a partir del año 2012, el cual está dado por el número de casas promedio construidas anualmente entre los años 2002 y 2011 (Tabla 26). La elección de este modo de crecimiento se basa en que el crecimiento constante corresponde a un escenario más conservador frente a un crecimiento geométrico o exponencial.

Tabla 26: Número Promedio de Casas Construidas Anualmente

Talca	T-PLC	Coyhaique
1.315	2.482	472

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera, el número de casas hasta el año 2011 (obtenido de los permisos de edificación y los datos del CENSO 2002) y la proyección de estas hasta el año 2023 (considerando el crecimiento constante del número de casas) se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27: Número de Casas 2002-2023, Crecimiento Lineal

Año	Talca	T-PLC	Coyhaique
2002	56.568	76.176	15.403
2003	58.176	78.703	15.775
2004	61.055	81.300	16.350
2005	62.728	83.897	16.938
2006	64.095	85.991	17.339
2007	64.818	88.642	17.479
2008	65.871	91.686	18.154
2009	67.359	93.658	18.814
2010	68.240	97.056	19.296
2011	68.407	98.518	19.650
2012	69.722	101.000	20.122
2013	71.038	103.483	20.594
2014	72.353	105.965	21.066
2015	73.669	108.448	21.538
2016	74.984	110.930	22.009
2017	76.300	113.413	22.481
2018	77.615	115.895	22.953
2019	78.931	118.378	23.425
2020	80.246	120.860	23.897
2021	81.561	123.342	24.369
2022	82.877	125.825	24.841
2023	84.192	128.307	25.313

Fuente: Elaboración Propia

⁷⁵ Los permisos se encuentran disponibles en http://www.observatoriohabitacional.cl/opensite_20080122171157.aspx. Para la contabilización del número de viviendas se excluyeron de los registros del Censo los departamentos y las viviendas móviles, a pesar de que en la práctica existen casos aislados de departamentos que combustionan leña. En el caso de los permisos de edificación, se excluyen los departamentos.

11.2. Población 2005-2020

La proyección del número de personas de cada grupo etario fue obtenida mediante datos estadísticos del INE. Dado que sólo se encontraban valores disponibles hasta el año 2020, las estimaciones para los años 2021 a 2023 se hicieron mediante una proyección de cada grupo etario utilizando una regresión cuadrática.

Los valores utilizados en cada ciudad corresponden a los presentados en la Tabla 28, Tabla 29 y Tabla 30.

Tabla 28: Población Estimada Años 2005-2023 en Talca

Año	Niños	Adultos	A. Mayor	Total
2012	68.090	159.519	22.384	249.993
2013	67.869	162.433	23.440	253.742
2014	67.642	165.327	24.514	257.483
2015	67.419	168.210	25.592	261.221
2016	67.509	170.416	26.917	264.842
2017	67.634	172.528	28.244	268.406
2018	67.736	174.702	29.566	272.004
2019	67.846	176.868	30.902	275.616
2020	67.933	179.078	32.247	279.258
2021	68.048	182.416	33.219	283.682
2022	68.153	184.948	34.438	287.539
2023	68.258	187.481	35.658	291.396

Fuente: Elaboración Propia en base a Proyecciones de Población del INE

Tabla 29: Población Estimada Años 2005-2020 en T-PLC

Año	Niños	Adultos	A. Mayor	Total
2012	108.180	250.478	33.491	392.149
2013	108.135	255.805	33.491	397.431
2014	108.094	261.160	34.859	404.113
2015	108.062	266.485	36.224	410.771
2016	108.579	270.471	38.000	417.050
2017	109.102	274.470	39.784	423.356
2018	109.636	278.421	41.575	429.632
2019	110.166	282.435	43.350	435.951
2020	110.663	286.400	45.146	442.209

Fuente: Elaboración Propia en base a Proyecciones de Población del INE

Tabla 30: Población Estimada Años 2005-2023 en Coyhaique

Año	Niños	Adultos	A. Mayor	Total
2012	18.021	36.942	4.258	59.221
2013	17.932	37.463	4.429	59.824
2014	17.851	37.955	4.601	60.407
2015	17.778	38.462	4.780	61.020
2016	17.733	38.769	5.047	61.549
2017	17.693	39.030	5.327	62.050
2018	17.649	39.332	5.595	62.576
2019	17.608	39.613	5.865	63.086
2020	17.572	39.903	6.123	63.598
2021	17.558	40.025	6.472	64.055
2022	17.545	40.157	6.810	64.512
2023	17.539	40.247	7.166	64.952

Fuente: Elaboración Propia en base a Proyecciones de Población del INE

11.3. Parque de Artefactos

Del parque de artefactos que combustionan leña, no todos los equipos están sujetos a recambio bajo las condiciones establecidas en los PRC. Dado esto, sólo se consideran para un recambio las cocinas a leña, las estufas y las salamandras. Además, se consideran las chimeneas dado que en el futuro no se descarta la posibilidad de instalar chimeneas tipo “insert” a pellet.⁷⁶

El número de artefactos sujetos a recambio en cada ciudad se obtuvo considerando el número de viviendas al año 2012 y la composición del parque de artefactos (Tabla 31). Dado que los datos son obtenidos de distintas fuentes, el cálculo para las distintas ciudades se realiza de distintas formas.

En el caso de T-PLC y Coyhaique la composición fue obtenida de la base de datos del primer PRC de las ciudades. Estos registros corresponden sólo a las viviendas que consumen leña como combustible para calefacción o cocina, por lo que para calcular la cantidad de artefactos en la ciudad se debe considerar el porcentaje de viviendas que declaran consumir leña y luego la composición del parque. En el caso de Talca, la composición mostrada corresponde al total de viviendas de la ciudad.

Es importante mencionar que los artefactos sujetos a recambio corresponden sólo a aquellos comercializados antes del año 2013 dado que no cumplen con los límites de emisión establecidos en la Norma de Emisión de Calefactores que entra en vigencia a partir del 1° de marzo del año 2013.

Tabla 31: Composición del Parque de Artefactos

Artefactos	Talca ⁷⁷	T-PLC ⁷⁸	Coyhaique ⁷⁹
Cocina a Leña	4,0%	39,6%	38,9%
Estufa Cámara Simple	30,0%	54,9%	62,5%
Estufa Cámara Doble	-	19,8%	29,9%
Estufa Tipo Insert	-	0,2%	-
Salamandras	7,0%	7,5%	4,0%
Chimeneas	3,0%	1,1%	2,0%
Braseros	18,0%	-	-
Otros	-	1,4%	-
Total	62,0%	124,6%	137,3%

Fuente: Elaboración Propia

⁷⁶ Según conversaciones con encargados de los PRC desarrollados por el MMA.

⁷⁷ Para el cálculo del parque de artefactos en Talca se consideraron dos encuestas. La primera de ellas (encuesta AMBIOSIS 2008 para la elaboración del Inventario de Emisiones de Talca 2009) considera las cocinas a leña, mientras que la segunda (“Estudio Uso de Equipos y Combustibles para Calefacción Domiciliaria”, CEOC, Universidad de Talca 2007) no las considera pero si considera los braseros. Los valores presentados corresponden a la presencia de artefactos en el total de viviendas de Talca.

⁷⁸ Los valores fueron calculados a partir de la base de datos del primer PRC desarrollado en T-PLC. La base cuenta con 49.055 registros de artefactos para un total de 39.387 viviendas y fue proporcionada por la Oficina de Asuntos Atmosféricos del MMA. Los valores presentados corresponden a la presencia de artefactos sólo en viviendas que consumen leña en T-PLC.

⁷⁹ Los valores fueron calculados a partir de la base de datos del primer PRC desarrollado en la ciudad de Coyhaique. La base cuenta con 2.844 registros de artefactos para un total de 2.101 viviendas y fue proporcionada por la Oficina de Asuntos Atmosféricos del MMA. Los valores presentados corresponden a la presencia de artefactos sólo en viviendas que consumen leña en Coyhaique. En el caso de las chimeneas, el valor fue obtenido del estudio “Análisis de emisiones atmosféricas en Coyhaique” mediante la aplicación de una encuesta. Sin embargo, dado que el 99% de las viviendas en Coyhaique declaran consumir leña, el valor no hubiese variado significativamente si hubiese sido obtenido con la base de datos.

En base a la composición del parque y a las proyecciones del número de viviendas, la cantidad de artefactos sujetos a recambio al año 2011 para cada ciudad se muestra en la Tabla 32. Es importante recalcar que en la práctica el recambio no considera los braseros, por lo que se excluyen de los recambios de esta evaluación, no así en su contribución a las concentraciones de MP2,5.

Tabla 32: Artefactos Sujetos a Recambio al Año 2011

Artefactos	Talca	T-PLC	Coyhaique
Cocina a Leña	2.789	27.557	7.749
Estufa Cámara Simple	20.917	38.202	12.450
Estufa Cámara Doble	-	13.808	5.956
Estufa Tipo Insert	-	170	-
Salamandras	4.881	5.253	797
Chimeneas	2.092	744	398
Total	30.697	86.690	27.351

Fuente: Elaboración Propia

11.4. Viviendas que consumen leña

Tabla 33: Porcentaje de Casas que Consumen Leña

Ciudades	Porcentaje
Talca ⁸⁰	44,9%
T-PLC ⁸¹	68,9%
Coyhaique ⁸²	99,0%

11.5. Consumo Anual Promedio de Leña [m³ estéreo]

Tabla 34: Consumo Promedio Anual de Leña por Vivienda [m³ estéreos]

Ciudades	Consumo Promedio [m ³] ⁸³
Talca ⁸⁴	3,4
T-PLC ⁸⁵	8,8
Coyhaique ⁸⁶	18,4

11.6. Comportamiento de Consumo de Leña

Para el cálculo de las emisiones de MP2,5 se considera como variables el estado de humedad de la leña y el modo de operación del “tiraje”.⁸⁷ Los valores utilizados, en el caso del tiraje, corresponden a los presentados en la Tabla 35,

Tabla 36 y Tabla 37. El modo de utilizar estos valores se detalla a continuación con un ejemplo para el caso de Talca.

Se considera que todas las viviendas consumen 1,5 kg de leña durante la noche, cantidad que puede estar o no combustionada con tiraje cerrado. En el caso de Talca por ejemplo, se considera que un 65% del total consumido en la noche se hace bajo mala operación, mientras que el restante 35% se hace con buena operación, pudiendo ser esta leña seca o húmeda. Para calcular la cantidad consumida durante el día se restan los 1,5 kg diarios al total de 3,4 m³ presentados en la Tabla 34.

⁸⁰ Fuente: Encuesta Consumo de Leña Ciudad de Talca AMBIOISIS 2008 para Inventario de Emisiones de Talca 2009.

⁸¹ Fuente: Centro de Microdatos, Universidad de Chile, 2005.

⁸² Fuente: INFOR, 2004a.

⁸³ Este valor corresponde al consumo promedio anual de una vivienda que consume leña.

⁸⁴ Fuente: Encuesta Consumo de Leña Ciudad de Talca. AMBIOISIS 2008.

⁸⁵ Fuente: CENMA, 2010.

⁸⁶ Dato consultado en SEREMI Región de Aysén.

⁸⁷ Se considera “buena operación” aquella que mantiene el tiraje abierto o a la mitad, mientras que se considera “mala operación” aquella en que se mantiene cerrado.

Tabla 35: Consumo de Leña Seca, Húmeda y Mala Operación en Talca

Día		Noche	
Buena Operación	Mala Operación	Buena Operación	Mala Operación
72,4%		35%	
Leña Seca	27,6% ⁸⁸	Leña Seca	65%
Leña Húmeda		Leña Húmeda	
90,0% ⁸⁹	10,0%	90%	10%

Tabla 36: Consumo de Leña Seca, Húmeda y Mala Operación en T-PLC

Día		Noche	
Buena Operación	Mala Operación	Buena Operación	Mala Operación
69,3%		35%	
Leña Seca	30,7% ⁹⁰	Leña Seca	65% ⁹¹
Leña Húmeda		Leña Húmeda	
10%	90% ⁹²	10%	90%

Tabla 37: Consumo de Leña Seca, Húmeda y Mala Operación en Coyhaique

Día		Noche	
Buena Operación	Mala Operación	Buena Operación	Mala Operación
70%		35%	
Leña Seca	30% ⁹³	Leña Seca	65% ⁹⁴
Leña Húmeda		Leña Húmeda	
0%	100% ⁹⁵	0%	100%

11.7. Eficiencia de los Artefactos de Combustión

La eficiencia de los artefactos depende de variables como el modelo, el año de fabricación y la mantención que se haga al equipo. Debido a que existe una amplia variedad de artefactos, se consideran las eficiencias propuestas por CONAF y CONAMA en el manual "Consumir Leña: el Desafío de Conservar el Bosque Nativo y Contaminar Menos" de la Campaña por un Uso Eficiente y Responsable de Leña (2008). La eficiencia promedio de los equipos se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38: Eficiencia de los Artefactos Sujetos a Recambio

Artefactos	Eficiencia
Cocina a Leña	35%
Estufa Cámara Simple	55%
Estufa Cámara Doble	65%
Estufa Tipo Insert	55%
Salamandras	35%
Chimeneas	15%

Fuente: CONAF-CONAMA, [2008]

En base a las eficiencias mostradas y a la composición del parque sujeto a recambio (Tabla 32), se calculan las eficiencias promedio del parque en cada ciudad, las cuales se muestran en la Tabla 39.

⁸⁸ AMBIOISIS, 2008.

⁸⁹ Dado que no existen estudios referentes a la humedad de la leña y a que las autoridades de la ciudad declaran no tener mayores problemas con respecto a la humedad de la leña, se acordaron los valores presentados con encargados del MMA.

⁹⁰ Equivalente a tiraje cerrado. Fuente: CENMA, 2010.

⁹¹ Dado que no se cuenta con el dato para la ciudad de Temuco o Padre Las Casas, se considera el valor de la ciudad de Talca.

⁹² En base a cálculos propios con datos de humedades del documento "Estudio Comparación de Precios y Calidad de la Leña en Época de Invierno en Valdivia, Temuco y Gran Concepción" (John O'Ryan Surveyors S.A., 2011).

⁹³ Valor acordado con encargados del MMA en base al comportamiento de las otras ciudades.

⁹⁴ Al igual que en el caso de T-PLC, se considera el mismo valor de la ciudad de Talca.

⁹⁵ Obtenido en base a valores de humedad de estudio "Propuesta de una Metodología para el estudio de la Oferta de Leña en Coyhaique y Puerto Aysén" (INFOR, 2004b).

Tabla 39: Eficiencia del Parque

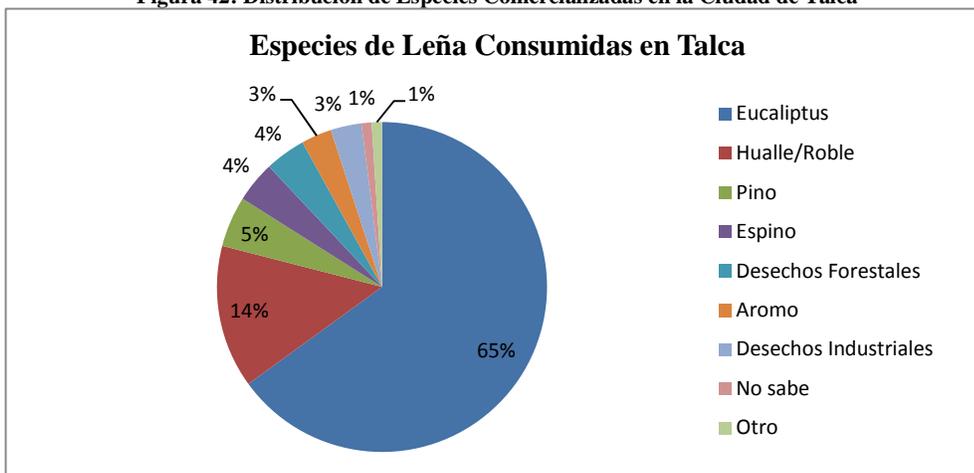
Ciudades	Eficiencia del Parque
Talca	47,3%
T-PLC	48,6%
Coyhaique	50,3%

Fuente: Elaboración Propia

11.8. Especies de Leña Consumida

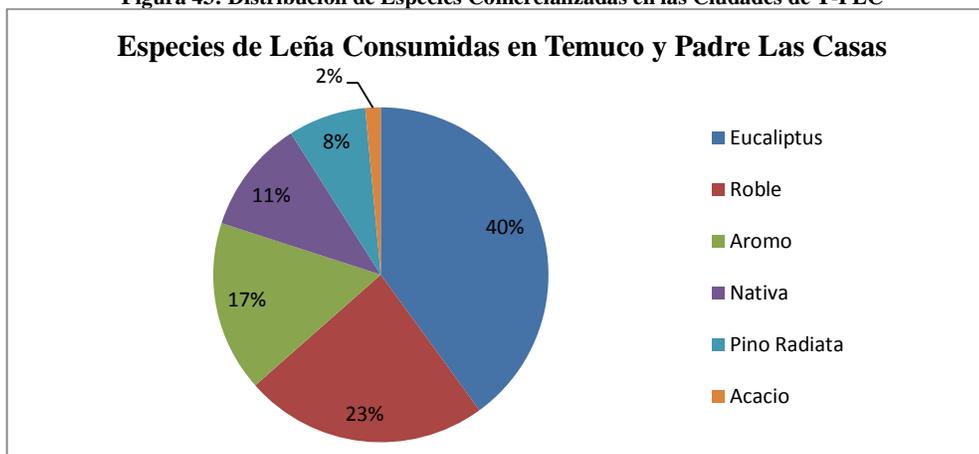
Las especies de leña consumidas pueden ser conocidas de acuerdo a encuestas realizadas en las viviendas o en base a estudios referentes a la comercialización de la leña. En el caso de Talca, la distribución fue obtenida mediante encuestas, mientras que en el caso de T-PLC y Coyhaique, la distribución fue obtenida mediante un estudio aplicado a las leñerías de la ciudad. En este último caso, se asume que la distribución de la leña comercializada en la ciudad corresponde a la distribución de la leña consumida en las viviendas.

Figura 42: Distribución de Especies Comercializadas en la Ciudad de Talca



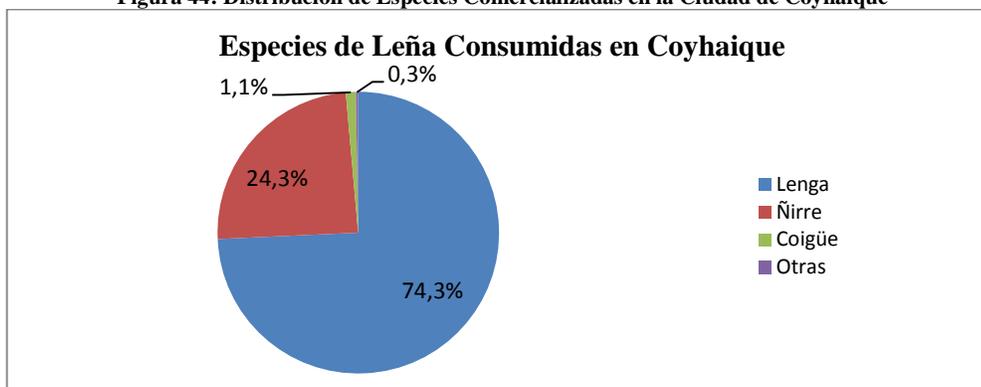
Fuente: AMBIOSIS, 2009

Figura 43: Distribución de Especies Comercializadas en las Ciudades de T-PLC



Fuente: John O’Ryan Surveyors S.A., 2011

Figura 44: Distribución de Especies Comercializadas en la Ciudad de Coyhaique



Fuente: Cálculo propio en base a datos del estudio "Propuesta de una Metodología para el Estudio de la Demanda de Leña en Coyhaique. INFOR, 2004

11.9. Densidad Anhida de las Especies

A continuación se muestran las densidades anhidras de las especies de leña consumida. El promedio presentado corresponde al promedio ponderado de acuerdo a los porcentajes de consumo mostrados en el Anexo 11.8.

Tabla 40: Densidades Anhidras de la Leña en Talca

Especies	Densidad [kg/m ³]
Eucaliptus	710,0
Hualle/Roble ⁹⁶	470,0
Pino	370,0
Espino	790,0
Desechos Forestales ⁹⁷	370,0
Aromo	440,0
Desechos Industriales ⁹⁸	710,0
No sabe ⁹⁹	642,5
Otro ¹⁰⁰	642,5
Promedio	639,6

Fuente: Mansilla "et al", 1991

Tabla 41: Densidades Anhidras de la Leña en T-PLC

Especies	Densidad [kg/m ³]
Eucaliptus	457,0
Roble	492,0
Aromo	462,0
Nativa ¹⁰¹	465,4
Pino Radiata	445,0
Acacio	471,0
Promedio	466,3

Fuente: John O'Ryan Surveyors S.A., 2011

⁹⁶ Se consideró el valor del Roble dado que no se cuenta con la densidad del Hualle.

⁹⁷ La densidad de 370[kg/m³] corresponde a la densidad del pino. La elección de esta especie se debe a lo indicado en el documento "Diagnóstico de Uso y Comercialización de Leña en el Maule", según el cual el 95% de las plantaciones forestales en la Región del Maule corresponde a esta especie.

⁹⁸ Se asume el mismo valor del eucaliptus dado que es el tipo de leña de mayor comercialización.

⁹⁹ En el caso de "No sabe" y "Otro" se considera el promedio ponderado de las especies Eucaliptus, Hualle-Roble, Pino y Aromo.

¹⁰⁰ Se consideran los mismos valores del ítem "No sabe".

¹⁰¹ En el caso de la especie "Nativa" se supuso que la densidad corresponde al promedio aritmético de las densidades de las otras especies dado que el valor no se encuentra disponible.

Tabla 42: Densidades Anhidras de la Leña en Coyhaique

Especies	Densidad [kg/m ³]
Lenga	575,1
Nirre	602,2
Coigue	490,0
Otras ¹⁰²	555,8
Promedio	580,7

Fuente: INFOR, 2004b.

11.10. Poderes Caloríficos de las Especies Anhidras

Los poderes caloríficos de las especies consumidas en cada ciudad se indican en la Tabla 43, Tabla 44 y Tabla 45. Los promedios de cada ciudad corresponden a los promedios ponderados entre los poderes de cada especie y el porcentaje de consumo de la misma mostrado en el Anexo 11.8.

Tabla 43: Poderes Caloríficos Leña en Talca

Especies ¹⁰³	Poder Calorífico Inferior Base Seca [kcal/kg]
Eucaliptus	4.531
Hualle/Roble	4.676
Pino	4.658
Espino ¹⁰⁴	4.573
Desechos Forestales ¹⁰⁵	4.658
Aromo	4.695
Desechos Industriales	4.531
No sabe ¹⁰⁶	4.567
Otro ¹⁰⁷	4.567
Promedio	4.570

Fuente: Mansilla "et al", 1991.

Tabla 44: Poderes Caloríficos Leña en T-PLC

Especies	Poder Calorífico Inferior Base Seca [kcal/kg]
Eucaliptus	4.284
Roble	4.287
Aromo	4.296
Nativa	4.357
Pino Radiata	4.612
Acacio	4.492
Promedio	4.322

Fuente: John O’Ryan Surveyors S.A., 2011

¹⁰² Dado que no se tiene certeza del origen de esta leña, se consideró el promedio de las densidades de las otras especies.

¹⁰³ En el caso del eucaliptus, el hualle-roble, el pino y el aromo se consideran los valores obtenidos en el "Estudio Comparación de Precios y Calidad de la Leña en Época de Invierno en Valdivia, Temuco y Gran Concepción" para la ciudad de Concepción. Esto se debe a que no se cuentan con datos para la ciudad de Talca, por lo que se debió elegir los datos disponibles para la ciudad más cercana que corresponde a Concepción.

¹⁰⁴ Se considera el promedio aritmético entre las especies eucaliptus, hualle-roble, pino y aromo debido a que no fue posible obtener el valor para la especie espino.

¹⁰⁵ Se asume la misma distribución que en el caso de las densidades.

¹⁰⁶ Se considera el promedio ponderado de las especies del eucaliptus, hualle-roble, pino y aromo.

¹⁰⁷ Se consideran los mismos valores del ítem "No sabe".

Tabla 45: Poderes Caloríficos Leña en Coyhaique

Especies	Poder Calorífico Inferior Base Seca [kcal/kg]
Lenga ¹⁰⁸	4.600
Ñirre ¹⁰⁹	4.600
Coigüe ¹¹⁰	4.658
Otras ¹¹¹	4.619
Promedio	4.601

Fuente: Elaboración Propia

11.11. Humedad de la Leña Consumida

El porcentaje de humedad promedio de la leña consumida en las ciudades se muestra en la Tabla 46. Los valores presentados en las ciudades de T-PLC y Coyhaique corresponden a la humedad de la leña comercializada en las leñerías, valor que al momento de ser combustionada puede ser mayor o menor dependiendo de los hábitos de consumo en las viviendas. Sin embargo, dado que no es posible conocer estos valores, se considera que la humedad de la leña combustionada corresponde al nivel de humedad de la leña comercializada.

En el caso de Talca, se asume una humedad promedio de 20%¹¹² debido a que no se han realizado estudios referentes a la humedad de la leña en esta ciudad.¹¹³

Tabla 46: Humedad de la Leña Consumida

Ciudades	Humedad
Talca	20,0%
T-PLC ¹¹⁴	31,7%
Coyhaique ¹¹⁵	34,3%

Fuente: Elaboración Propia

11.12. Densidades Promedio [kg/m³]

El cálculo de la densidad promedio de la leña consumida en las ciudades se calcula de acuerdo al procedimiento mostrado en el Anexo 11.21.

Tabla 47: Densidades Promedio [kg/m³]

Ciudades	Densidad Promedio [kg/m ³]
Talca	689,3
T-PLC	561,1
Coyhaique	678,0

Fuente: Elaboración propia

11.13. Poder Calorífico de la Leña Consumida

El poder calorífico de la leña combustionada en cada ciudad varía dependiendo de los poderes caloríficos propios de las especies consumidas y del contenido de humedad. En base a estos datos (Anexo 11.10 y Anexo 11.11) y a la ecuación presentada en el Anexo 11.22, el poder calorífico de la leña combustionada en cada ciudad corresponde a lo indicado en la Tabla 48.

¹⁰⁸ <http://www2.medioambiente.gov.ar/sian/xfuego/lengbosq.htm> y Proyecto Estudio de Arquitectura Bioclimática para Puerto Williams (diapositivas).

¹⁰⁹ <http://www2.medioambiente.gov.ar/sian/xfuego/lengbosq.htm>

¹¹⁰ Fuente: PONCE Y CÁRDENAS, 1989.

¹¹¹ Se calcula como el promedio de las tres especies (Lenga, ñirre y coigüe).

¹¹² En base húmeda.

¹¹³ Acordado con encargados del MMA, quienes declaran que la ciudad no posee mayores problemas respecto a la humedad de la leña.

¹¹⁴ Fuente: John O’Ryan Surveyors S.A., 2011

¹¹⁵ Obtenido en base a estudio "Propuesta de una Metodología para el estudio de la Oferta de Leña en Coyhaique y Puerto Aysén". INFOR, 2004b.

Tabla 48: Poder Calorífico Inferior Base Húmeda de la Leña Consumida

Ciudades	Poder Calorífico Inferior Base Húmeda [kcal/kg]
Talca	3.539,6
T-PLC	2.768,9
Coyhaique	2.825,3

Fuente: Elaboración Propia

11.14. Factores de Emisión para Material Particulado Respirable MP10

Los FE de los distintos artefactos se muestran en la Tabla 49. Los valores corresponden a los FE extraídos y utilizados en los distintos inventarios de emisiones consultados.

Tabla 49: Factores de Emisión MP10

Artefactos	Factores de Emisión MP10 [g MP2,5 / kg combustible]		
	0-20 (%) ¹¹⁶	Mayor a 20 (%)	Mala Operación
Cocina a Leña	19,2	30,9	-
Estufa (cámara simple, doble o insert) ¹¹⁷	15,3	24,2	76,0
Salamandras	15,9	27,9	-
Chimeneas	16,6	27,9	-
Braseros	17,9	27,9	-

Fuente: Elaboración Propia

11.15. Emisiones MP2,5 Provenientes de Otras Fuentes

Las emisiones provenientes de fuentes distintas a la combustión de leña se muestran a continuación en la Tabla 50. Los valores presentados fueron extraídos de los distintos inventarios de emisiones consultados.

Tabla 50: Emisiones de MP2,5 Provenientes de Otras Fuentes

Ciudades	Año	Toneladas
Talca	2008	443,4
T-PLC	2009	471,5
Coyhaique	2009	424,9

11.16. Índices INACER

Los Índices de Actividad Económica Regional (INACER) fueron calculados para el período 2007-2011 en base a los valores presentados en los boletines trimestrales de la página web del Instituto Nacional de Estadísticas.

Tabla 51: INACER 2007-2011

Ciudades	INACER
Talca	1,52%
T-PLC	2,91%
Coyhaique	5,17%

Fuente: INE

¹¹⁶ En base húmeda.

¹¹⁷ En la práctica, la combustión con cámara simple, con doble cámara o tipo “insert” es la misma, por lo que se considera el mismo FE para todas. Por otra parte, no existen estudios experimentales para cada tipo de artefacto, por lo que, según la opinión de profesionales del MMA, es recomendable utilizar el mismo FE para estos artefactos.

11.17. Tipologías

Las dimensiones y materialidad de las tipologías utilizadas en todas las ciudades corresponden a las presentadas a continuación:

Tabla 52: Dimensiones Tipología 1

Área Muros Envolvente [m ²]	83,8
Área Cielo [m ²]	60,2
Superficie piso [m ²]	56,5
Área ventanas [m2]	17,5
Altura [m]	2,4
Perímetro [m]	7,5
Relación ventanas/envolvente	21%

Tabla 53: Dimensiones Tipología 2

Área Muros Envolvente [m ²]	199,8
Área Cielo [m ²]	121,6
Superficie piso [m ²]	28,7
Área ventanas [m2]	52,4
Altura [m]	5,73
Perímetro [m]	10,7
Relación ventanas/envolvente	26%

Tabla 54: Dimensiones Tipología 3

Área Muros Envolvente [m ²]	120,7
Área Cielo [m ²]	63
Superficie piso [m ²]	63
Área ventanas [m2]	23,7
Altura [m]	5,73
Perímetro [m]	7,9
Relación ventanas/envolvente	20%

Tabla 55: Dimensiones Tipología 4

Área Muros Envolvente [m ²]	82,89
Área Cielo [m ²]	26,48
Superficie piso [m ²]	25,99
Área ventanas [m2]	6,25
Altura [m]	4,795
Perímetro [m]	5,1
Relación ventanas/envolvente	8%

Tabla 56: Dimensiones Tipología 5

Área Muros Envolvente [m ²]	51
Área Cielo [m ²]	81,7
Superficie piso [m ²]	67,7
Área ventanas [m2]	5,39
Altura [m]	2,4
Perímetro [m]	8,2
Relación ventanas/envolvente	11%

Tabla 57: Dimensiones Tipología 6

Área Muros Envolvente [m ²]	82
Área Cielo [m ²]	56,5
Superficie piso [m ²]	48,4
Área ventanas [m2]	12,13
Altura [m]	4,6
Perímetro [m]	7
Relación ventanas/envolvente	15%

Tabla 58: Dimensiones Tipología 1*

Área Muros Envolvente [m ²]	32,43
Área Cielo [m ²]	32,47
Superficie piso [m ²]	32,47
Área ventanas [m2]	4,36
Altura [m]	2,28
Perímetro [m]	5,7
Relación ventanas/envolvente	13%

Tabla 59: Dimensiones Tipología 2*

Área Muros Envolvente [m ²]	48,89
Área Cielo [m ²]	20,57
Superficie piso [m ²]	20,0
Área ventanas [m2]	4,6
Altura [m]	4,4
Perímetro [m]	12,84
Relación ventanas/envolvente	9%

Tabla 60: Dimensiones Tipología 3*

Área Muros Envolvente [m ²]	47,62
Área Cielo [m ²]	39,76
Superficie piso [m ²]	39,76
Área ventanas [m2]	10,38
Altura [m]	2,3
Perímetro [m]	6,3
Relación ventanas/envolvente	22%

11.18. Materialidad de las Tipologías

Tabla 61: Materialidad Tipología 1

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,17	2,00
	Ladrillo Fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
Cielo	Placa de Madera	8	0,1	0,08	0,14	3,97
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m ³	34,9	1,4	0,02		48,86

Tabla 62: Materialidad Tipología 2

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,17	2,00
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
Muros Exteriores 2 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,17	2,00
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,14	3,97
Ventanas	Vidrio Simple					3,6
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m ³	26,8	1,4	0,02		37,52

Tabla 63: Materialidad Tipología 3

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,17	2,01
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	0,17	0,87
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,14	3,97
Ventanas	Vidrio Simple					5,8

Tabla 64: Materialidad Tipología 4

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores	Acero Galvanizado ext.	1	500	0,00	0,17	1,07
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Revestimiento yeso cartón int.	8	0,24	0,03		
Cielo	Entablado de madera	12,25	0,1	0,12	0,14	0,43
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m ³	12,9	1,4	0,01		18,06

Tabla 65: Materialidad Tipología 5

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,24	2,13
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	0,14	3,59
Ventanas	Vidrio simple					5,8
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01		23,58

Tabla 66: Materialidad Tipología 6

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,24	1,76
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	0,24	0,82
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,14	4,55
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m ³	26,8	1,4	0,02		37,52

Tabla 67: Materialidad Tipología 1*

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,24	2,13
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	0,14	3,59
Ventanas	Vidrio simple					5,8
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01		23,58

Tabla 68: Materialidad Tipología 2*

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores	Ladrillo Máquina	140	0,6	0,23	0,24	2,48
Cielo	Yeso cartón	8	0,3	0,03	0,14	6,00
Ventanas	Vidrio Simple	50				5,8
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m3	12,8	1,4			17,98

Tabla 69: Materialidad Tipología 3*

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	R _{si} + R _{se}	U _o [W/m ² K]
Muros Exteriores	Tabique Madera 2"x4"	100	0,1	1,00	0,17	0,67
	Revestimiento madera ext	20	0,1	0,20		
	Revestimiento madera int.	12,5	0,1	0,13		
Cielo	Entablado de madera	12,3	0,1	0,12	0,14	3,47
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Placa de madera	150	0,1	1,50	0,22	0,51
	Espacio aire horiz.			0,20		

11.19. Temperaturas Promedio Mensuales

Tabla 70: Temperaturas Promedio Mensuales en las Ciudades [°C]

Mes	Talca ¹¹⁸	T-PLC ¹¹⁹	Coyhaique ¹²⁰
Enero	21,2	15,8	13,7
Febrero	20,3	15,4	13,4
Marzo	17,4	13,6	11,2
Abril	13,4	11	8,3
Mayo	10,5	9,4	5,1
Junio	8,7	7,5	2,5
Julio	7,9	7,2	2
Agosto	9,1	7,7	4
Septiembre	11,3	8,8	6
Octubre	14,1	10,6	8,5
Noviembre	17,1	12,6	11
Diciembre	20,1	14,7	12,7

¹¹⁸ Fuente: Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA)

¹¹⁹ Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, Departamento de Climatología y Meteorología, 2001.

¹²⁰ Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, Departamento de Climatología y Meteorología, 2001.

11.20. Calefactores a Pellets en Chile

A continuación se presentan algunos de los calefactores comercializados actualmente en Chile.

Tabla 71: Calefactores a Pellets Comercializados en Chile.

Marca	Comercializador	Modelo	Potencia [kw]	Eficiencia Promedio	Precio (s/ IVA)	Rango Calefacción [m ²]	Consumo Medio Pellets [Kg/h]
Palazzetti	Ecalsur-Palazzetti	Ecofire Hotty	5,3 - 2,5	90%	\$ 1.084.034	130	0,68
Palazzetti	Ecalsur	Ecofire Margherite new	6,3 - 2,2	92%	\$ 1.840.336	150	0,72
Palazzetti	Ecalsur	Klima 9	8,5 - 2,5	90%	\$ 1.007.563	180	0,92
Palazzetti	Ecalsur-Palazzetti	Klima 6	6,3 - 2,7	89%	\$ 831.933	140	0,80
Artel	Biomass	Artel Easy 7,1 kw	7,1 - 2,5	90%	\$ 810.924	140	1,00
Krone	Biomass	Roma 12 kw	11 - 2,5		\$ 966.387	160	1,40
Artel	Biomass	Evo Doble Cristal 7kw S	8,4		\$ 1.067.227	150	1,10
Artel	Biomass	Evo Doble Cristal 11,3 kw	11,3 - 3		\$ 1.369.748	190	1,50
Palazzetti	Palazzetti	Ecofire Gaja	11 - 4,1	88%		180	1,80
Bosca	Bosca	New Neo 2.0	7,56	66%	\$ 504.193	80-140	
Bosca	Bosca	Spirit 500 Inox	11,63	85%	\$ 588.151	140-170	
Bosca	Bosca	Spirit 500	11,63	85%	\$ 553.782	140-170	
Bosca	Bosca	Classic 500	11,63	85%	\$ 546.134	140-170	
Edilkamin	Edilkamin	Little	5,8	90%			0,95
Edilkamin	Edilkamin	Seven	7	89%			1,15
Edilkamin	Edilkamin	Funny		90%			1,75
Edilkamin	Falabella	Junior	7 - 2,1	90%	\$ 1.386.555		1,15
Edilkamin	Falabella	Iris	8	89,2	\$ 1.588.235		1,35

11.21. Densidad Promedio

Debido a las características de la madera, la estimación del volumen de las especies a partir del nivel de humedad de la misma es un cálculo complicado. Sin embargo, se ha observado que el volumen de la leña aumenta en forma considerable dependiendo del nivel de humedad,¹²¹ por lo que se asumirá que el volumen aumenta en forma proporcional a la humedad. De esta manera, la densidad de la leña consumida es calculada según se muestra a continuación.

Ecuación 10: Cálculo de Humedad

$$\% \text{ Humedad}_{B.H.} = 100\% * \frac{\text{masa}_{\text{agua}}}{\text{masa}_{\text{agua}} + \text{masa}_{\text{leña seca}}}$$

Ecuación 11: Densidad Anhidra

$$\rho_{\text{anhidra}} = \frac{\text{masa}_{\text{leña seca}}}{\text{volumen}_{\text{leña seca}}}$$

Se tiene para la Ecuación 10 que:

Ecuación 12: Masa de Agua

$$\text{masa}_{\text{agua}} * (1 - \% \text{ Humedad}_{B.H.}) = \% \text{ Humedad}_{B.H.} * \text{masa}_{\text{leña seca}}$$

Además, se tiene:

Ecuación 13: Volumen Leña Húmeda

$$\text{volumen}_{\text{leña húmeda}} = \text{volumen}_{\text{leña seca}} + \text{volumen}_{\text{agua}}$$

y que

Ecuación 14: Densidad del Agua

$$\rho_{\text{agua}} = \frac{\text{masa}_{\text{agua}}}{\text{volumen}_{\text{agua}}}$$

Con la Ecuación 13 y la Ecuación 14 en la Ecuación 12 se tiene:

¹²¹ En base a apreciaciones de expertos.

Ecuación 15: Masa de Agua

$$\rho_{\text{agua}} * \text{volumen}_{\text{agua}} = \frac{\% \text{ Humedad}_{B.H.} * \rho_{\text{anhidra}} * (\text{volumen}_{\text{leña húmeda}} - \text{volumen}_{\text{agua}})}{(1 - \% \text{ Humedad}_{B.H.})}$$

De la ecuación anterior se tiene:

Ecuación 16: Volumen Agua

$$\text{volumen}_{\text{agua}} = \frac{\left[\frac{\% \text{ Humedad}_{B.H.}}{(1 - \% \text{ Humedad}_{B.H.})} * \rho_{\text{anhidra}} * \text{volumen}_{\text{leña húmeda}} \right]}{\left[\rho_{\text{agua}} + \frac{\% \text{ Humedad}_{B.H.}}{(1 - \% \text{ Humedad}_{B.H.})} * \rho_{\text{anhidra}} \right]}$$

Utilizando un $\text{volumen}_{\text{leña húmeda}} = 1 [\text{m}^3]$ y una $\rho_{\text{agua}} = 1.000 [\text{kg}/\text{m}^3]$ se tiene:

Ecuación 17: Volumen Agua

$$\text{volumen}_{\text{agua}} = \frac{\left[\frac{\% \text{ Humedad}_{B.H.}}{(1 - \% \text{ Humedad}_{B.H.})} * \rho_{\text{anhidra}} * 1 [\text{m}^3] \right]}{\left[1.000 [\text{kg}/\text{m}^3] + \frac{\% \text{ Humedad}_{B.H.}}{(1 - \% \text{ Humedad}_{B.H.})} * \rho_{\text{anhidra}} \right]}$$

Con el volumen conocido de la Ecuación 17 se tiene:

Ecuación 18: Masa Agua

$$\text{masa}_{\text{agua}} = 1.000 [\text{kg}/\text{m}^3] * \text{volumen}_{\text{agua}}$$

Ecuación 19: Masa Leña Seca

$$\text{masa}_{\text{leña seca}} = \rho_{\text{anhidra}} * (1 [\text{m}^3] - \text{volumen}_{\text{agua}})$$

Con estas masas se tiene la Densidad Promedio ($\rho_{\text{leña húmeda}}$)

Ecuación 20: Masa Leña Húmeda

$$\rho_{\text{leña húmeda}} = \frac{\text{masa}_{\text{leña húmeda}}}{\text{volumen}_{\text{leña húmeda}}} = \frac{\text{masa}_{\text{leña seca}} + \text{masa}_{\text{agua}}}{1 [\text{m}^3]}$$

11.22. Poder Calorífico Inferior

Los PCI de la leña se calculan mediante la Ecuación 21.¹²²

Ecuación 21: Poder Calorífico Inferior

$$PCI_{\text{Base Húmeda}} = PCI_{\text{Base Seca}} * \frac{100 - C.H.\text{Base Húmeda}}{100} - k1 * \frac{(C.H.\text{Base Húmeda})}{100}$$

Donde:

- $PCI_{\text{Base Húmeda}}$: Poder Calorífico Inferior a un determinado contenido de humedad [Kcal/kg]
- $PCI_{\text{Base Seca}}$: Poder Calorífico Inferior en base seca [Kcal/kg]
- $C.H.\text{Base Húmeda}$: Contenido de Humedad en base húmeda [%]
- $k1$: Calor Latente de Evaporación del Agua a 25°C (583 [Kcal/kg])

11.23. Estimación de Factores Emisión-Concentración

Para estimar los FEC de cada ciudad se utilizan las concentraciones de MP10 (Tabla 72), la contribución de la combustión residencial al total de MP10 (Tabla 73) y la cantidad de MP2,5 contenido en las concentraciones de MP10 en las ciudades (correspondiente a un 93,1%).

¹²² La Ecuación 21 corresponde a la ecuación utilizada por el MMA para el cálculo del PCI de la leña.

Tabla 72: Concentraciones Promedio Anual de MP10 en las Ciudades [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Ciudad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Talca	62	50	54	48	-	-	67
Temuco	45	46	50	63	61	64	82
Coyhaique	-	-	-	89	70	78	102

Fuente: Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire

Tabla 73: Contribución de la Combustión Residencial por Leña al Total de Emisiones de MP10

Ciudad	Porcentaje
Talca ¹²³	89,8%
T-PLC ¹²⁴	94,1%
Coyhaique ¹²⁵	94,2%

En base a las emisiones de MP2,5 estimadas para el período 2005-2011 (Tabla 74), los FEC obtenidos corresponden a los valores mostrados en la Tabla 75.

Tabla 74: Emisiones Anuales de MP2,5 en las Ciudades [ton]

Ciudad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Talca	2.221,3	2.269,8	2.295,4	2.332,6	2.385,4	2.416,6	2.422,4
Temuco	11.883,1	12.179,6	12.555,0	12.986,2	13.265,5	13.746,9	13.912,2
Coyhaique	10.042,2	10.279,7	10.363,0	10.762,9	11.154,5	11.439,9	11.574,4

Fuente: Elaboración Propia en base a Cálculos Propios

Tabla 75: Factores Emisión-Concentración para las Ciudades [$\text{ton}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$]

Ciudad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Promedio
Talca	38,5	48,5	45,8	52,6	-	-	38,6	39,4 ¹²⁶
Temuco	282,7	283,9	270,5	221,4	233,1	230,9	182,6	247,2 ¹²⁷
Coyhaique	-	-	-	130,6	171,9	157,2	122,2	145,5

Fuente: Elaboración Propia

11.24. Tipologías de Vivienda

Para la caracterización de las viviendas se utilizaron los datos presentados en dos estudios, los cuales fueron cruzados de manera de obtener todas las características necesarias para la evaluación. Los datos utilizados fueron extraídos de los estudios “Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas” (Ambiente Consultores Ltda. – PRIEN Universidad de Chile, 2007) y “Estudio de Usos Finales y Curva de la Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial” (CDT, 2011).

La mayor ventaja del primer estudio es que las tipologías fueron definidas en base a encuestas aplicadas en las distintas zonas térmicas, por lo que se cuenta con la distribución de cada tipología por ciudad. Al mismo tiempo, la deficiencia que presenta este estudio es que no se indica la materialidad de las viviendas y que sólo caracteriza construcciones de superficie mayor a 40 [m^2].

Por otra parte, el segundo estudio presenta tipologías para todos los rangos de superficie e indica la materialidad y coeficientes de transferencia de calor para cada complejo.¹²⁸ La mayor deficiencia de este estudio es que las tipologías fueron obtenidas a través de los permisos de edificación entregados entre los años 1994 y 1998, por lo que no aseguran representar el parque de viviendas actual.

¹²³ Fuente: AMBIOSIS, 2009.

¹²⁴ Fuente: CENMA, 2010.

¹²⁵ Fuente: EnviroModeling Ltda., 2009.

¹²⁶ En el caso de Talca sólo se consideraron los FEC de los años 2006, 2007 y 2008 debido a la gran diferencia que presentaba el resto de los FEC obtenidos.

¹²⁷ Al igual que en el caso de Talca, en el caso de T-PLC se excluyó el FEC obtenido el año 2011 debido a la gran diferencia que presentaba este valor respecto del resto.

¹²⁸ Los complejos corresponden a los complejo “techo”, “muros”, “piso” y “ventanas”.

Las dimensiones y materialidad de cada tipología quedó definida según muestra la Tabla 76.

Tabla 76: Definición de Dimensiones y Materialidad de las Tipologías¹²⁹

Tipología	Dimensiones	Materialidad
Tipología 1	Tipología 1 (CDT)	Tipología 5 (MINVU 2007)
Tipología 2	Tipología 2 (CDT)	Tipología 8 (MINVU 2007, modificada)
Tipología 3	Tipología 3 (CDT)	Tipología 8 (MINVU 2007)
Tipología 4	Tipología 4 (CDT)	Tipología 7 (MINVU 2007)
Tipología 5	Tipología 5 (CDT)	Tipología 1 (MINVU 2007)
Tipología 6	Tipología 6 (CDT)	Tipología 8 (MINVU 2007)
Tipología 1*	Tipología 1 (MINVU 2007)	Tipología 1 (MINVU 2007)
Tipología 2*	Tipología 2 (MINVU 2007)	Tipología 2 (MINVU 2007)
Tipología 3*	Tipología 3 (MINVU 2007)	Tipología 3 (MINVU 2007)

Fuente: Elaboración Propia

Para la cuantificación de viviendas a reacondicionar se consideró la cantidad de casas que no cumplen alguno de los requisitos del Reacondicionamiento Térmico¹³⁰ y el porcentaje de viviendas que declaran consumir leña (Tabla 33). De esta manera, la cantidad de viviendas a reacondicionar en cada ciudad queda definida según muestra la Tabla 77.

Tabla 77: Número de Viviendas a Reacondicionar

Ciudades	Casas Construidas hasta 1999	Casas Construidas entre 2000 y 2006	Casas a Reacondicionar Construidas hasta 1999	Casas a Reacondicionar Construidas entre 2000 y 2006
Talca	52.623	11.476	23.415	5.104
T-PLC	68.730	17.261	47.354	11.892
Coyhaique	18.706	3.304	18.517	3.270

Fuente: Elaboración Propia

Para cuantificar las distintas tipologías dentro del parque a reacondicionar se utiliza la distribución de viviendas según superficie construida (dato obtenido a través de la encuesta CASEN 2009, Tabla 78) y la distribución de las tipologías en cada zona térmica (Tabla 79).

Tabla 78: Distribución de las Viviendas según Superficie Construida

Distribución de las Casas	Talca	T-PLC	Coyhaique
Casas con menos de 30 m ²	15,1%	14,4%	9,0%
Casas entre 31 m ² y 40 m ²	26,3%	24,0%	30,2%
Casas con más de 41 m ²	58,6%	61,5%	60,8%

Fuente: Encuesta CASEN 2009

¹²⁹ En el caso de las viviendas de superficie menor a 40 [m²] las tipologías quedaron descritas de acuerdo a las dimensiones y materialidad de las tipologías presentadas en el estudio desarrollado por Ambiente Consultores y PRIEN. En el caso de las viviendas de superficie mayor a 40 [m²] se debió asociar las dimensiones de las tipologías de ambos estudios (de acuerdo al número de pisos y construcción aislada, pareada o en fila), y elegir la materialidad de la vivienda más similar

¹³⁰ Las viviendas que no cumplen los requisitos corresponden a la totalidad de las viviendas construidas antes del año 2000 para todos los complejos y las viviendas construidas entre el 2000 y el 2006 para los complejos “muro”, “piso” y “ventanas”. No se consideran las viviendas ya reacondicionadas debido a que no se tienen los datos suficientes para asignarles una tipología.

Tabla 79: Distribución de las Tipologías por Zona Térmica¹³¹

Tipología	Zona 4 y 5	Zona 7
Tipología 1	27,5%	44,2%
Tipología 2	6,6%	10,7%
Tipología 3	7,6%	20,1%
Tipología 4	3,4%	0,7%
Tipología 5	34,4%	12,3%
Tipología 6	20,5%	12,0%
Total	100%	100%

Fuente: CDT,2010.

Dadas las dimensiones de las tipologías y las distribuciones presentadas en la Tabla 78 y la Tabla 79, la cantidad de viviendas de cada tipología queda definida según se muestra en la Tabla 80.

Tabla 80: Cantidad de Viviendas según Tipología

Tipologías	Viviendas Construidas hasta 1999			Viviendas Construidas entre el 2000 y el 2006		
	Talca	T-PLC	Coyhaique	Talca	T-PLC	Coyhaique
Tipología 1	3.772	8.011	4.979	822	2.012	879
Tipología 2	910	1.934	1.210	198	486	214
Tipología 3	1.040	2.210	2.259	227	555	399
Tipología 4	471	1.001	81	103	252	14
Tipología 5	4.715	10.014	1.383	1.028	2.515	244
Tipología 6	2.812	5.974	1.348	613	1.500	238
Tipología 1*	3.529	6.826	1.673	769	1.714	296
Tipología 2*	3.083	5.692	2.792	672	1.429	493
Tipología 3*	3.083	5.692	2.792	672	1.429	493
Total	23.415	47.354	18.517	5.104	11.892	3.270

Para estimar la nueva demanda de calefacción en las viviendas reacondicionadas se calculan las demandas mensuales en base a la Ecuación 6 (Sección 6.2.1.1) y las temperaturas presentadas en la Tabla 70.¹³² Los valores de G fueron calculados según muestra la Ecuación 7 en base a los U_i presentados en el Anexo 11.25.

En el caso de las viviendas construidas después del año 2006 se considera una aislación correspondiente a la mínima necesaria para cumplir la Reglamentación Térmica. Asimismo para estas viviendas, se considera el uso de calefactores de eficiencia promedio (Anexo 11.7).

Dado lo anterior, las demandas de calefacción de una vivienda promedio corresponden a las mostradas a continuación.

Tabla 81: Demanda Anual de Calefacción para una Viviendas Promedio con Reacondicionamiento [kwh/m²]

Viviendas	Talca	T-PLC	Coyhaique
Vivienda Construida Antes del 2000 c/RT	26,1	38,9	78,4
Vivienda Construida entre el 2000 y 2006 c/RT	27,0	39,5	78,8
Vivienda Construida después del 2007 c/RT Mínima	62,5	92,3	150,3

Fuente: Elaboración Propia

¹³¹ Los valores presentados corresponden a la distribución del parque de viviendas de superficie mayor a 40 [m²] y fueron obtenidos en base a los datos presentados en el estudio desarrollado por CDT.

¹³² Como se mencionó anteriormente, se considera que el consumo de leña se da durante 5, 7 y 10 meses respectivamente para las ciudades de Talca, T-PLC y Coyhaique.

11.25. Viviendas Reacondicionadas

11.25.1. Viviendas Reacondicionadas en Talca

Tabla 82: Tipología 1 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo Fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de Madera	8	0,1	0,08	0,25	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas						3,60
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,012	0,02	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 83: Tipología 2 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Revestimiento estuco ext.	20	0,1	0,20	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,1	1,50		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,25	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 84: Tipología 3 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,15	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,25	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 85: Tipología 4 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Acero Galvanizado ext	1	500	0,00	0,93	0,22
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Revestimiento yeso cartón int	8	0,24	0,03		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,25	0,1	0,12	2,33	0,18
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	12,9	1,4		0,06	0,44
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 86: Tipología 5 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	0,28	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio simple					5,80
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 87: Tipología 6 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,57	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,22	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,22	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 88: Tipología 1* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Ladrillo Máquina	140	0,6	0,23	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	0,28	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio simple					5,80
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 89: Tipología 2* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Ladrillo Máquina	140	0,6	0,23	0,40	0,25
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Yeso cartón	12,3	0,1	0,12	0,17	0,30
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m ³	12,8	1,4		0,06	0,44
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 90: Tipología 3* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Tabique Madera 2"x4"	100	0,1	1,00	1,49	0,19
	Revestimiento madera ext	20	0,1	0,20		
	Revestimiento madera int.	12,5	0,1	0,13		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,3	0,1	0,12	0,29	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Placa de madera	150	0,1	1,50	1,96	0,48
	Espacio aire horiz.			0,20		
	Poliestireno Expandido Aislapol	5	0,041	0,12		

Tabla 91: Tipología 1 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo Fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de Madera	8	0,1	0,08	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas						3,60
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,012	0,02	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 92: Tipología 2 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Revestimiento estuco ext.	20	0,1	0,20	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,1	1,50		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 93: Tipología 3 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,15	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 94: Tipología 4 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Acero Galvanizado ext	1	500	0,00	0,93	0,22
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Revestimiento yeso cartón int	8	0,24	0,03		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,25	0,1	0,12	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	12,9	1,4		0,06	0,44
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 95: Tipología 5 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio simple					5,8
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 96: Tipología 6 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,57	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,22	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	Xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 97: Tipología 1* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	Xx		
Ventanas	Vidrio simple					5,8
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

98: Tipología 2* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Ladrillo Máquina	140	0,6	0,23	0,40	0,25
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Yeso cartón + Aislante	12,3	0,1	0,12	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	Xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m ³	12,8	1,4		0,06	0,44
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 99: Tipología 3* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Tabique Madera 2"x4"	100	0,1	1,00	1,49	0,19
	Revestimiento madera ext	20	0,1	0,20		
	Revestimiento madera int.	12,5	0,1	0,13		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,3	0,1	0,12	2,63	0,38
	Aislante	xx	xx	Xx		
Ventanas	Vidrio Simple					3,6
Pisos	Placa de madera	150	0,1	1,50	1,96	0,48
	Espacio aire horiz.			0,20		
	Poliestireno Expandido Aislapol	5	0,041	0,12		

11.25.2. Viviendas Reacondicionadas en T-PLC

Tabla 100: Tipología 1 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo Fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de Madera	8	0,1	0,08	0,25	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas						3,60
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,012	0,02	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 101: Tipología 2 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Revestimiento estuco ext.	20	0,1	0,20	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,1	1,50		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,25	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					3,6
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 102: Tipología 3 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,15	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,25	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 103: Tipología 4 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Acero Galvanizado ext	1	500	0,00	0,93	0,22
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Revestimiento yeso cartón int	8	0,24	0,03		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,25	0,1	0,12	2,33	0,18
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	12,9	1,4		0,06	0,44
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 104: Tipología 5 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Talca

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m*K]	R [m ² *K/W]	1/U _o	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	0,28	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio simple					5,8
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 105: Tipología 6 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,57	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,22	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,22	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 106: Tipología 1* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	0,28	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio simple					5,8
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 107: Tipología 2* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Ladrillo Máquina	140	0,6	0,23	0,40	0,25
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Yeso cartón	12,3	0,1	0,12	0,17	0,3
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m3	12,8	1,4		0,06	0,44
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 108: Tipología 3* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Tabique Madera 2"x4"	100	0,1	1,00	1,49	0,19
	Revestimiento madera ext	20	0,1	0,20		
	Revestimiento madera int.	12,5	0,1	0,13		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,3	0,1	0,12	0,29	0,29
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		
Ventanas	Vidrio Simple					3,6
Pisos	Placa de madera	150	0,1	1,50	1,96	0,48
	Espacio aire horiz.			0,20		
	Poliestireno Expandido Aislapol	5	0,041	0,12		

Tabla 109: Tipología 1 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo Fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de Madera	8	0,1	0,08	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas						3,60
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,012	0,02	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 110: Tipología 2 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Revestimiento estuco ext.	20	0,1	0,20	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,1	1,50		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					3,6
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 111: Tipología 3 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,15	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 112: Tipología 4 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Acero Galvanizado ext	1	500	0,00	0,93	0,22
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Revestimiento yeso cartón int	8	0,24	0,03		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,25	0,1	0,12	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	12,9	1,4		0,06	0,44
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 113: Tipología 5 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio simple					5,8
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 114: Tipología 6 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U ₀	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,57	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,22	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m ³	26,8	1,4		0,03	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 115: Tipología 1* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U ₀	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio simple					5,8
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,45
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

116: Tipología 2* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U ₀	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores 1 piso	Ladrillo Máquina	140	0,6	0,23	0,40	0,25
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Yeso cartón + Aislante	12,3	0,1	0,12	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,8
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m ³	12,8	1,4		0,06	0,44
	Poliestireno Expandido Aislapol	90	0,041	2,20		

Tabla 117: Tipología 3* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en T-PLC

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m ² *K]	R [m ² *K/W]	1/U ₀	U _i [W/m ² K]
Muros Exteriores	Tabique Madera 2"x4"	100	0,1	1,00	1,49	0,19
	Revestimiento madera ext.	20	0,1	0,20		
	Revestimiento madera int.	12,5	0,1	0,13		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,3	0,1	0,12	3,03	0,33
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					3,6
Pisos	Placa de madera	150	0,1	1,50	1,96	0,48
	Espacio aire horiz.			0,20		
	Poliestireno Expandido Aislapol	5	0,041	0,12		

11.25.3. Viviendas Reacondicionadas en Coyhaique

Tabla 118: Tipología 1 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U ₀	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo Fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de Madera	8	0,1	0,08	0,25	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	160	0,041	3,90		
Ventanas						3,60
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,012	0,02	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 119: Tipología 2 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U ₀	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Revestimiento estuco ext.	20	0,1	0,20	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,1	1,50		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,25	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	160	0,041	3,90		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 120: Tipología 3 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U ₀	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,15	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,25	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	160	0,041	3,90		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 121: Tipología 4 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U ₀	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Acero Galvanizado ext	1	500	0,00	0,93	0,22
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Revestimiento yeso cartón int	8	0,24	0,03		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,25	0,1	0,12	2,33	0,19
	Poliestireno Expandido Aislapol	120	0,041	2,93		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	12,9	1,4		0,06	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 122: Tipología 5 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U ₀	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	0,28	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	160	0,041	3,90		
Ventanas	Vidrio simple					5,80
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 123: Tipología 6 Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,57	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,22	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	0,22	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	160	0,041	3,90		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 124: Tipología 1* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	0,28	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	160	0,041	3,90		
Ventanas	Vidrio simple					3,60
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 125: Tipología 2* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Ladrillo Máquina	140	0,6	0,23	0,40	0,25
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Yeso cartón	12,3	0,1	0,12	0,17	0,25
	Poliestireno Expandido Aislapol	160	0,041	3,90		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m3	12,8	1,4		0,06	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 126: Tipología 3* Reacondicionada, Construida antes del Año 2000 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Tabique Madera 2"x4"	100	0,1	1,00	1,49	0,19
	Revestimiento madera ext	20	0,1	0,20		
	Revestimiento madera int.	12,5	0,1	0,13		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,3	0,1	0,12	0,29	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	160	0,041	3,90		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Placa de madera	150	0,1	1,50	1,96	0,31
	Espacio aire horiz.			0,20		
	Poliestireno Expandido Aislapol	50	0,041	1,22		

Tabla 127: Tipología 1 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo Fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de Madera	8	0,1	0,08	4,00	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas						3,60
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,012	0,02	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 128: Tipología 2 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Revestimiento estuco ext.	20	0,1	0,20	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,1	1,50		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	4,00	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 129: Tipología 3 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,50	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,15	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	4,00	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,31
		130	0,041	3,17		

Tabla 130: Tipología 4 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Acero Galvanizado ext	1	500	0,00	0,93	0,22
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Revestimiento yeso cartón int	8	0,24	0,03		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,25	0,1	0,12	4,00	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	12,9	1,4		0,06	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 131: Tipología 5 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	4	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio simple					5,80
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 132: Tipología 6 Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Revestimiento estuco ext.	20	1,4	0,01	0,57	0,24
	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30		
	Revestimiento estuco int.	20	1,4	0,01		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Muros Exteriores 2 piso	Madera pino tratada	12,5	0,1	0,13	1,22	0,21
	Tabique madera 2"x3"	75	0,1	0,75		
	Plancha masissa	10	0,1	0,10		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	8	0,1	0,08	4	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg sem/m³	26,8	1,4		0,03	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 133: Tipología 1* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Ladrillo fiscal	150	0,5	0,30	0,47	0,24
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Placa de madera	11	0,1	0,11	4	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio simple					5,80
Pisos	Hormigón H15	16,8	1,4	0,01	0,042	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

134: Tipología 2* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores 1 piso	Ladrillo Máquina	140	0,6	0,23	0,40	0,25
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Yeso cartón + Aislante	12,3	0,1	0,12	4,00	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					5,80
Pisos	Hormigón 250 kg cem/m³	12,8	1,4		0,06	0,31
	Poliestireno Expandido Aislapol	130	0,041	3,17		

Tabla 135: Tipología 3* Reacondicionada, Construida entre el Año 2000 y el Año 2006 en Coyhaique

Elemento	Materialidad	Espesor [mm]	k [W/m²K]	R [m²K/W]	1/U _o	U _i [W/m² K]
Muros Exteriores	Tabique Madera 2"x4"	100	0,1	1,00	1,49	0,19
	Revestimiento madera ext	20	0,1	0,20		
	Revestimiento madera int.	12,5	0,1	0,13		
	Poliestireno Expandido Aislapol	150	0,041	3,66		
Cielo	Entablado de madera	12,3	0,1	0,12	4,00	0,25
	Aislante	xx	xx	xx		
Ventanas	Vidrio Simple					3,60
Pisos	Placa de madera	150	0,1	1,50	1,96	0,31
	Espacio aire horiz.			0,20		
	Poliestireno Expandido Aislapol	50	0,041	1,22		

11.26. Demanda de Calefacción

La demanda de calefacción de las viviendas se utiliza como dato base para estimar las emisiones de MP2,5 bajo los distintos escenarios. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 136.

Tabla 136: Demanda de Energía Anual en las Ciudades

Ciudades	Leña Consumida por Calefactor [kg] ¹³³	Energía Consumida por Calefactor [Kcal] ¹³⁴	Demanda de Energía por Calefacción [Kcal] ¹³⁵
Talca	2.343,6	8.295.407	3.923.727
T-PLC	4.937,7	13.671.998	6.644.591
Coyhaique	12.475,2	35.246.183	17.728.830

Fuente: Elaboración Propia

11.27. Emisiones de Artefactos a Pellets y Leña

Considerando la energía demandada por calefactor (Tabla 136), las eficiencias y los poderes caloríficos de los combustibles, se calculó la cantidad de combustible consumido con la correspondiente emisión de MP2,5 para los artefactos a pellets y leña.

11.27.1. Emisiones de MP2,5 Artefacto Actual a Leña

Considerando la cantidad de leña consumida (Tabla 34), los modos de operación (Anexo 11.6), los FE (Tabla 6) y la distribución de los artefactos en el parque (Tabla 31), se calcularon las emisiones promedio anuales de un artefacto en las ciudades, las cuales se muestran en la Tabla 137.

Tabla 137: Emisión Promedio Anual de un Artefacto Actual a Leña

Ciudades	Emisión Anual MP2,5 [kg]
Talca	63,58
T-PLC	166,86
Coyhaique	431,81

Fuente: Elaboración Propia

11.27.2. Emisiones de MP2,5 Artefacto a Pellets

Considerando una eficiencia de 91,6% para las estufas a pellets y un poder calorífico de 4.285[kcal/kg] para el pellet, se calculó la correspondiente alimentación anual de combustible a una estufa. Con esta alimentación, y considerando un factor de emisión del calefactor de 1,19 [gr MP2,5/kg combustible], se calcularon las emisiones anuales de MP2,5 por calefactor en las distintas ciudades. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 138.

Tabla 138: Alimentación y Emisión Promedio Anual en un Artefacto a Pellets

Ciudades	Kcal Anuales Alimentadas al Artefacto	Kg Anuales Alimentados al Artefacto	Emisión Anual MP2,5 [kg]
Talca	4.283.545	999,7	1,19
T-PLC	7.253.920	1.692,9	2,02
Coyhaique	19.354.618	4.516,8	5,39

Fuente: Elaboración Propia

¹³³ Calculada de acuerdo a los consumos y las densidades presentadas en el Anexo 11.5 y 11.12 respectivamente.

¹³⁴ Calculadas considerando los poderes caloríficos presentados en el Anexo 11.13.

¹³⁵ Dada las bajas eficiencia de los equipos, la energía aprovechada en calefaccionar las viviendas no corresponde a la energía almacenada en el combustible, sino que es menor a esta. La demanda de energía se calcula dividiendo la energía consumida en una vivienda por la eficiencia promedio del parque (Anexo 11.7).

11.27.3. Emisiones de MP2,5 Artefacto a Leña Recambiado

Considerando las eficiencias presentadas en la Tabla 8 y considerando los poderes caloríficos del Anexo 11.13, se calcularon las nuevas demandas de calefacción en las viviendas con sus correspondientes emisiones de MP2,5 (en base a los FE de la Tabla 8). Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 139.

Tabla 139: Alimentación y Emisión Promedio Anual en un Artefacto a Pellets

Ciudades	Kcal Anuales Alimentadas al Artefacto	Kg Anuales Alimentados al Artefacto	Emisión Anual MP2,5 [kg]
Talca	5.602.324	1.584	38,54
T-PLC	9.492.273	3.428	87,88
Coyhaique	21.105.750	7.470	180,32

Fuente: Elaboración Propia

11.28. Evolución del Parque de Artefactos

La evolución del parque en las ciudades se calculó considerando la cantidad de nuevos calefactores comprados (dado por la cantidad de nuevas viviendas construidas), el recambio natural de los artefactos (dado por la antigüedad del parque actual de calefactores) y los recambios hechos y programados por el MMA tanto de leña como de pellets, además de los recambios necesarios para lograr las concentraciones objetivo.

La cantidad total de calefactores desde el año 2002 a 2012 fue obtenida como se indica en el Anexo 11.3, período para el cual se asume constante la composición del parque. A partir del año 2013 se considera la existencia de calefactores que cumplen la Norma de Emisión de Calefactores, los cuales aparecen debido al crecimiento de la ciudad y al recambio natural (como consecuencia del agotamiento de la vida útil de los calefactores¹³⁶).

En el caso de T-PLC y Coyhaique, la cantidad de artefactos afectos a recambio natural fue obtenida según los datos de las bases de datos de los PRC ya realizados. En el caso de Talca, se asumen los mismos datos que en el caso de T-PLC dado que no se cuenta con esta información.

El recambio natural sólo considera un recambio de artefactos por estufas a leña y no a pellets dado que esta última corresponde a una tecnología nueva y poco conocida, motivo por el cual no se cuenta con mucha información. Además, se consideran los recambios ya realizados y los programados por el MMA en las distintas ciudades entre los años 2011 y 2013.¹³⁷

Para la evaluación se considera una distribución pareja del número de artefactos recambiados año a año.

¹³⁶ Para esta evaluación se ha estimado una vida útil de los artefactos de 25 años. Este valor se eligió tomando como referencia el valor de 30 años propuesto en el estudio “Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de una norma de Emisión para Artefactos de Uso Residencial que Combustionan con Leña y Otros Combustibles de Biomasa” y el hecho de que, con el tiempo y las nuevas tecnologías, la mayoría de los artefactos tienden a ser más “desechables” y disminuir su vida útil.

¹³⁷ En el caso de Talca no existen PRC programados. En el caso de T-PLC se planean dos recambios de 3.000 artefactos cada uno para los años 2012 y 2013, además de 200 recambios de calefactores a pellets para el año 2012. En el caso de Coyhaique, se planea un recambio de 1.200 unidades el año 2012 y de 2.000 unidades el 2013.

11.28.1. Evolución del Parque de Artefactos en Talca

Tabla 140: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en Talca, Escenario 1

Año	Nº Viviendas	Total Artefactos	Total Acumulado					Gente c/ Norma ¹³⁸		MMA ¹³⁹	
			Leña s/Norma ¹⁴⁰	Leña Población ¹⁴¹	Leña MMA ¹⁴²	Pellets MMA ¹⁴³	Braseros	Nuevos Calef. ¹⁴⁴	Recambio Natural ¹⁴⁵	Recambio Leña	Recambio Pellets
2012	69.722	43.228	30.678	0	0	0	12.550	0	0	0	0
2013	71.037	44.044	27.840	579	0	2.838	12.787	579	0	0	2.838
2014	72.352	44.859	24.772	1.388	0	5.676	13.023	579	230	0	2.838
2015	73.667	45.675	21.704	2.197	0	8.514	13.260	579	230	0	2.838
2016	74.982	46.491	18.636	3.006	0	11.352	13.497	579	230	0	2.838
2017	76.297	47.306	15.568	3.815	0	14.190	13.733	579	230	0	2.838
2018	77.612	48.122	12.500	4.624	0	17.028	13.970	579	230	0	2.838
2019	78.927	48.938	9.432	5.433	0	19.866	14.207	579	230	0	2.838
2020	80.242	49.754	6.364	6.242	0	22.704	14.444	579	230	0	2.838
2021	81.557	50.569	3.296	7.051	0	25.542	14.680	579	230	0	2.838
2022	82.872	51.385	230	7.860	0	28.378	14.917	579	230	0	2.836
2023	84.187	52.201	0	8.669	0	28.378	15.154	579	230	0	0

Tabla 141: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en Talca, Escenario 2

Año	Nº Viviendas	Total Artefactos	Total Acumulado					Gente c/ Norma		MMA	
			Leña s/Norma	Leña Población	Leña MMA	Pellets MMA	Braseros	Nuevos Calef.	Recambio Natural	Recambio Leña	Recambio Pellets
2012	69.722	43.228	30.678	0	0	0	12.550	-	-	-	0
2013	71.037	44.044	27.840	579	2.838	0	12.787	579	-	2.838	0
2014	72.352	44.859	24.772	1.388	5.676	0	13.023	579	230	2.838	0
2015	73.667	45.675	21.704	2.197	8.514	0	13.260	579	230	2.838	0
2016	74.982	46.491	18.636	3.006	11.352	0	13.497	579	230	2.838	0
2017	76.297	47.306	15.568	3.815	14.190	0	13.733	579	230	2.838	0
2018	77.612	48.122	12.500	4.624	17.028	0	13.970	579	230	2.838	0
2019	78.927	48.938	9.432	5.433	19.866	0	14.207	579	230	2.838	0
2020	80.242	49.754	6.364	6.242	22.704	0	14.444	579	230	2.838	0
2021	81.557	50.569	3.296	7.051	25.542	0	14.680	579	230	2.838	0
2022	82.872	51.385	230	7.860	28.378	0	14.917	579	230	2.836	0
2023	84.187	52.201	0	8.669	28.378	0	15.154	579	230	0	0

¹³⁸ Artefactos adquiridos por la población debido al crecimiento del número de viviendas o por recambio natural

¹³⁹ Artefactos subsidiados por el Estado ese año.

¹⁴⁰ Artefactos que no cumplen la Norma de Emisión de Calefactores. Estos equipos corresponden a los artefactos comercializados antes del año 2012, por lo que a partir de este año disminuyen con la implementación de la norma.

¹⁴¹ Correspondiente a los artefactos a leña comprados por la población, obtenidos por el crecimiento de la población y el recambio natural.

¹⁴² Corresponde a los artefactos a leña subsidiados por el Estado.

¹⁴³ Corresponde a los artefactos a pellets subsidiados por el Estado.

¹⁴⁴ Obtenido de la diferencia de artefactos sujetos a recambio entre ese año y el año anterior.

¹⁴⁵ Para el cálculo de los artefactos afectos a recambio natural se consideraron los registros de la base de datos del PRC de T-PLC. Según estos registros, el 9% de los artefactos sujetos a recambio tiene un año de fabricación menor al año 1990, por lo que al año 2012 existirían alrededor de 2.760 calefactores que serían recambiado entre los años 2014 y 2025 (asumiendo una vida útil de estos de 25 años).

11.28.2. Evolución del Parque de Artefactos en Temuco y Padre Las Casas

Tabla 142: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en T-PLC, Escenario 1

Año	N° Viviendas	Total Artefactos	Total Acumulado				Gente c/ Norma		MMA	
			Leña s/Norma	Leña Población	Leña MMA	Pellets MMA	Nuevos Calef.	Recambio Natural ¹⁴⁶	Recambio Leña	Recambio Pellets
2012	101.000	85.734	82.005	0	3.529	200	0	0	3.000	200
2013	103.483	87.841	69.890	2.107	6.529	9.315	2.107	0	3.000	9.115
2014	105.965	89.948	60.132	4.857	6.529	18.430	2.107	643	0	9.115
2015	108.448	92.055	50.374	7.607	6.529	27.545	2.107	643	0	9.115
2016	110.930	94.163	40.616	10.358	6.529	36.660	2.108	643	0	9.115
2017	113.413	96.270	30.858	13.108	6.529	45.775	2.107	643	0	9.115
2018	115.895	98.377	21.100	15.858	6.529	54.890	2.107	643	0	9.115
2019	118.378	100.484	11.342	18.608	6.529	64.005	2.107	643	0	9.115
2020	120.860	102.591	10.699	21.358	6.529	64.005	2.107	643	0	0

Tabla 143: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en T-PLC, Escenario 2

Año	N° Viviendas	Total Artefactos	Total Acumulado				Gente c/ Norma		MMA	
			Leña s/Norma	Leña Población	Leña MMA	Pellets MMA	Nuevos Calef.	Recambio Natural	Recambio Leña	Recambio Pellets
2012	101.000	85.734	82.005	0	3.529	200	0	0	3.000	200
2013	103.483	87.841	70.933	2.107	14.601	200	2.107	0	11.072	0
2014	105.965	89.948	59.218	4.857	25.673	200	2.107	643	11.072	0
2015	108.448	92.055	47.503	7.607	36.745	200	2.107	643	11.072	0
2016	110.930	94.163	35.788	10.358	47.817	200	2.108	643	11.072	0
2017	113.413	96.270	24.073	13.108	58.889	200	2.107	643	11.072	0
2018	115.895	98.377	12.358	15.858	69.961	200	2.107	643	11.072	0
2019	118.378	100.484	643	18.608	81.033	200	2.107	643	11.072	0
2020	120.860	102.591	0	21.358	81.033	200	2.107	643	0	0

11.28.3. Evolución del Parque de Artefactos en Coyhaique

Tabla 144: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en Coyhaique, Escenario 1

Año	N° Viviendas	Total Artefactos	Total Acumulado				Gente c/ Norma		MMA	
			Leña s/Norma	Leña Población	Leña MMA	Pellets MMA	Nuevos Calef.	Recambio Natural ¹⁴⁷	Recambio Leña	Recambio Pellets
2012	20.122	27.627	26.127	0	1.500	0	0	0	1.200	0
2013	20.594	28.275	23.611	2.016	1.500	1.148	648	1.368	0	1.148
2014	21.066	28.923	21.095	4.032	1.500	2.296	648	1.368	0	1.148
2015	21.538	29.571	18.579	6.048	1.500	3.444	648	1.368	0	1.148
2016	22.009	30.219	16.063	8.064	1.500	4.592	648	1.368	0	1.148
2017	22.481	30.867	13.547	10.080	1.500	5.740	648	1.368	0	1.148
2018	22.953	31.515	11.031	12.096	1.500	6.888	648	1.368	0	1.148
2019	23.425	32.163	8.515	14.112	1.500	8.036	648	1.368	0	1.148
2020	23.897	32.811	5.999	16.128	1.500	9.184	648	1.368	0	1.148
2021	24.369	33.458	3.482	18.144	1.500	10.332	647	1.369	0	1.148
2022	24.841	34.106	1.166	19.958	1.500	11.482	648	1.166	0	1.150
2023	25.313	34.754	0	21.772	1.500	11.482	648	1.166	0	0

¹⁴⁶ Para el cálculo de los artefactos afectos a recambio natural se consideraron los registros de la base de datos del PRC de T-PLC. Según estos registros, el 9% de los artefactos sujetos a recambio tiene un año de fabricación menor al año 1990, por lo que al año 2012 existirían alrededor de 7.720 calefactores que serían recambiado entre los años 2014 y 2025 (asumiendo una vida útil de estos de 25 años).

¹⁴⁷ Según la base de datos del PRC de la ciudad de Coyhaique, un 44,6% de los artefactos tienen más de 16 años de antigüedad y un 21,1% tiene entre 11 y 15 años. Según esto, al año 2012 existirían 12.308 y 5.828 artefactos sujetos a recambio entre los años 2013-2021 y 2022-2026 respectivamente. Asumiendo un recambio natural parejo entre los períodos mencionados, se tendría un recambio natural de 1.368 y 1.166 artefactos hasta los años 2021 y 2026 respectivamente.

Tabla 145: Evolución del Parque de Artefactos Sujetos a Recambio en Coyhaique, Escenario 2

Año	N° Viviendas	Total Artefactos	Total Acumulado				Gente c/ Norma		MMA	
			Leña s/Norma	Leña Población	Leña MMA	Pellets MMA	Nuevos Calef.	Recambio Natural	Recambio Leña	Recambio Pellets
2012	20.122	27.627	26.127	0	1.500	0	0	0	1.200	0
2013	20.594	28.275	23.611	2.016	2.648	0	648	1.368	1.148	0
2014	21.066	28.923	21.095	4.032	3.796	0	648	1.368	1.148	0
2015	21.538	29.571	18.579	6.048	4.944	0	648	1.368	1.148	0
2016	22.009	30.219	16.063	8.064	6.092	0	648	1.368	1.148	0
2017	22.481	30.867	13.547	10.080	7.240	0	648	1.368	1.148	0
2018	22.953	31.515	11.031	12.096	8.388	0	648	1.368	1.148	0
2019	23.425	32.163	8.515	14.112	9.536	0	648	1.368	1.148	0
2020	23.897	32.811	5.999	16.128	10.684	0	648	1.368	1.148	0
2021	24.369	33.458	3.482	18.144	11.832	0	647	1.369	1.148	0
2022	24.841	34.106	1.166	19.958	12.982	0	648	1.166	1.150	0
2023	25.313	34.754	0	21.772	12.982	0	648	1.166	0	0

11.29. Evolución del Parque de Viviendas

11.29.1. Evolución del Parque de Viviendas en Talca

Tabla 146: Parque Construido Antes del 2000, Talca

AÑO	Unidades C/RT* - Rendimiento 47%										Unidades S/RT* - Rendimiento 47%									
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2012	3.772	910	1.040	471	4.715	2.812	3.529	3.083	3.083	23.415										0
2013	3.429	827	945	428	4.286	2.556	3.208	2.803	2.803	21.285	343	83	95	43	429	256	321	280	280	2.130
2014	3.086	744	850	385	3.857	2.300	2.887	2.523	2.523	19.155	686	166	190	86	858	512	642	560	560	4.260
2015	2.743	661	755	342	3.428	2.044	2.566	2.243	2.243	17.025	1.029	249	285	129	1.287	768	963	840	840	6.390
2016	2.400	578	660	299	2.999	1.788	2.245	1.963	1.963	14.895	1.372	332	380	172	1.716	1.024	1.284	1.120	1.120	8.520
2017	2.057	495	565	256	2.570	1.532	1.924	1.683	1.683	12.765	1.715	415	475	215	2.145	1.280	1.605	1.400	1.400	10.650
2018	1.714	412	470	213	2.141	1.276	1.603	1.403	1.403	10.635	2.058	498	570	258	2.574	1.536	1.926	1.680	1.680	12.780
2019	1.371	329	375	170	1.712	1.020	1.282	1.123	1.123	8.505	2.401	581	665	301	3.003	1.792	2.247	1.960	1.960	14.910
2020	1.028	246	280	127	1.283	764	961	843	843	6.375	2.744	664	760	344	3.432	2.048	2.568	2.240	2.240	17.040
2021	685	163	185	84	854	508	640	563	563	4.245	3.087	747	855	387	3.861	2.304	2.889	2.520	2.520	19.170
2022	342	80	90	41	425	252	319	283	283	2.115	3.430	830	950	430	4.290	2.560	3.210	2.800	2.800	21.300
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.772	910	1.040	471	4.715	2.812	3.529	3.083	3.083	23.415

Tabla 147: Parque Construido Entre el 2000 y el 2006, Talca

AÑO	Unidades C/RT* - Rendimiento 47%										Unidades S/RT* - Rendimiento 47%									
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2012	822	198	227	103	1.028	613	769	672	672	5.104										0
2013	747	180	206	94	935	557	699	611	611	4.640	75	18	21	9	93	56	70	61	61	464
2014	672	162	185	85	842	501	629	550	550	4.176	150	36	42	18	186	112	140	122	122	928
2015	597	144	164	76	749	445	559	489	489	3.712	225	54	63	27	279	168	210	183	183	1.392
2016	522	126	143	67	656	389	489	428	428	3.248	300	72	84	36	372	224	280	244	244	1.856
2017	447	108	122	58	563	333	419	367	367	2.784	375	90	105	45	465	280	350	305	305	2.320
2018	372	90	101	49	470	277	349	306	306	2.320	450	108	126	54	558	336	420	366	366	2.784
2019	297	72	80	40	377	221	279	245	245	1.856	525	126	147	63	651	392	490	427	427	3.248
2020	222	54	59	31	284	165	209	184	184	1.392	600	144	168	72	744	448	560	488	488	3.712
2021	147	36	38	22	191	109	139	123	123	928	675	162	189	81	837	504	630	549	549	4.176
2022	72	18	17	13	98	53	69	62	62	464	750	180	210	90	930	560	700	610	610	4.640
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	822	198	227	103	1.028	613	769	672	672	5.104

Tabla 148: Cantidad Anual de Viviendas Construidas entre el 2007 y el 2012 , Talca

Tip	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	TOTAL
N° Casas	403	97	111	50	504	300	377	329	329	2.500

Tabla 149: Viviendas Construidas Después del 2012, Talca

AÑO	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2013	94	23	26	12	118	70	88	77	77	585
2014	188	46	52	24	236	140	176	154	154	1.170
2015	282	69	78	36	354	210	264	231	231	1.755
2016	376	92	104	48	472	280	352	308	308	2.340
2017	470	115	130	60	590	350	440	385	385	2.925
2018	564	138	156	72	708	420	528	462	462	3.510
2019	658	161	182	84	826	490	616	539	539	4.095
2020	752	184	208	96	944	560	704	616	616	4.680
2021	846	207	234	108	1.062	630	792	693	693	5.265
2022	940	230	260	120	1.180	700	880	770	770	5.850
2023	1.034	253	286	132	1.298	770	968	847	847	6.435

11.29.2. Evolución del Parque de Viviendas en T-PLC

Tabla 150: Parque Construido Antes del 2000, T-PLC

AÑO	Unidades C/RT* - Rendimiento 47%										Unidades S/RT* - Rendimiento 47%									
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2012	8.011	1.934	2.210	1.001	10.014	5.974	6.826	5.692	5.692	47.354	1.001	242	276	125	1.252	747	853	712	712	5.920
2013	7.010	1.692	1.934	876	8.762	5.227	5.973	4.980	4.980	41.434	2.002	484	552	250	2.504	1.494	1.706	1.424	1.424	11.840
2014	6.009	1.450	1.658	751	7.510	4.480	5.120	4.268	4.268	35.514	3.003	726	828	375	3.756	2.241	2.559	2.136	2.136	17.760
2015	5.008	1.208	1.382	626	6.258	3.733	4.267	3.556	3.556	29.594	4.004	968	1.104	500	5.008	2.988	3.412	2.848	2.848	23.680
2016	4.007	966	1.106	501	5.006	2.986	3.414	2.844	2.844	23.674	5.005	1.210	1.380	625	6.260	3.735	4.265	3.560	3.560	29.600
2017	3.006	724	830	376	3.754	2.239	2.561	2.132	2.132	17.754	6.006	1.452	1.656	750	7.512	4.482	5.118	4.272	4.272	35.520
2018	2.005	482	554	251	2.502	1.492	1.708	1.420	1.420	11.834	7.007	1.694	1.932	875	8.764	5.229	5.971	4.984	4.984	41.440
2019	1.004	240	278	126	1.250	745	855	708	708	5.914	8.011	1.934	2.210	1.001	10.014	5.974	6.826	5.692	5.692	47.354
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										

Tabla 151: Parque Construido Entre el 2000 y el 2006 T-PLC

AÑO	Unidades C/RT* - Rendimiento 47%										Unidades S/RT* - Rendimiento 47%									
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2012	2.012	486	555	252	2.515	1.500	1.714	1.429	1.429	11.892										0
2013	1.760	425	486	220	2.201	1.312	1.500	1.250	1.250	10.404	252	61	69	32	314	188	214	179	179	1.488
2014	1.508	364	417	188	1.887	1.124	1.286	1.071	1.071	8.916	504	122	138	64	628	376	428	358	358	2.976
2015	1.256	303	348	156	1.573	936	1.072	892	892	7.428	756	183	207	96	942	564	642	537	537	4.464
2016	1.004	242	279	124	1.259	748	858	713	713	5.940	1.008	244	276	128	1.256	752	856	716	716	5.952
2017	752	181	210	92	945	560	644	534	534	4.452	1.260	305	345	160	1.570	940	1.070	895	895	7.440
2018	500	120	141	60	631	372	430	355	355	2.964	1.512	366	414	192	1.884	1.128	1.284	1.074	1.074	8.928
2019	248	59	72	28	317	184	216	176	176	1.476	1.764	427	483	224	2.198	1.316	1.498	1.253	1.253	10.416
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.012	486	555	252	2.515	1.500	1.714	1.429	1.429	11.892

Tabla 152: Cantidad Anual de Viviendas Construidas entre el 2007 y el 2012, T-PLC

Tip	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	TOTAL
N° Casas	1.749	422	483	219	2.187	1.304	1.491	1.243	1.243	10.341

Tabla 153: Viviendas Construidas Después del 2012, T-PLC

AÑO	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2013	289	70	80	36	361	216	247	206	206	1.711
2014	578	140	160	72	722	432	494	412	412	3.422
2015	867	210	240	108	1.083	648	741	618	618	5.133
2016	1.156	280	320	144	1.444	864	988	824	824	6.844
2017	1.445	350	400	180	1.805	1.080	1.235	1.030	1.030	8.555
2018	1.734	420	480	216	2.166	1.296	1.482	1.236	1.236	10.266
2019	2.023	490	560	252	2.527	1.512	1.729	1.442	1.442	11.977
2020	2.312	560	640	288	2.888	1.728	1.976	1.648	1.648	13.688

11.29.3. Evolución del Parque de Viviendas en Coyhaique

Tabla 154: Parque Construido Antes del 2000, Coyhaique

AÑO	Unidades C/RT* - Rendimiento 47%										Unidades S/RT* - Rendimiento 47%									
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2012	4.979	1.210	2.259	81	1.383	1.348	1.673	2.792	2.792	18.517										0
2013	4.526	1.100	2.054	74	1.257	1.225	1.521	2.538	2.538	16.833	453	110	205	7	126	123	152	254	254	1.684
2014	4.073	990	1.849	67	1.131	1.102	1.369	2.284	2.284	15.149	906	220	410	14	252	246	304	508	508	3.368
2015	3.620	880	1.644	60	1.005	979	1.217	2.030	2.030	13.465	1.359	330	615	21	378	369	456	762	762	5.052
2016	3.167	770	1.439	53	879	856	1.065	1.776	1.776	11.781	1.812	440	820	28	504	492	608	1.016	1.016	6.736
2017	2.714	660	1.234	46	753	733	913	1.522	1.522	10.097	2.265	550	1.025	35	630	615	760	1.270	1.270	8.420
2018	2.261	550	1.029	39	627	610	761	1.268	1.268	8.413	2.718	660	1.230	42	756	738	912	1.524	1.524	10.104
2019	1.808	440	824	32	501	487	609	1.014	1.014	6.729	3.171	770	1.435	49	882	861	1.064	1.778	1.778	11.788
2020	1.355	330	619	25	375	364	457	760	760	5.045	3.624	880	1.640	56	1.008	984	1.216	2.032	2.032	13.472
2021	902	220	414	18	249	241	305	506	506	3.361	4.077	990	1.845	63	1.134	1.107	1.368	2.286	2.286	15.156
2022	449	110	209	11	123	118	153	252	252	1.677	4.530	1.100	2.050	70	1.260	1.230	1.520	2.540	2.540	16.840
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.979	1.210	2.259	81	1.383	1.348	1.673	2.792	2.792	18.517

Tabla 155: Parque Construido Entre el 2000 y el 2006, Coyhaique

AÑO	Unidades C/RT* - Rendimiento 47%										Unidades S/RT* - Rendimiento 47%									
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2012	879	214	399	14	244	238	296	493	493	3.270										0
2013	799	195	363	13	222	216	269	448	448	2.973	80	19	36	1	22	22	27	45	45	297
2014	719	176	327	12	200	194	242	403	403	2.676	160	38	72	2	44	44	54	90	90	594
2015	639	157	291	11	178	172	215	358	358	2.379	240	57	108	3	66	66	81	135	135	891
2016	559	138	255	10	156	150	188	313	313	2.082	320	76	144	4	88	88	108	180	180	1.188
2017	479	119	219	9	134	128	161	268	268	1.785	400	95	180	5	110	110	135	225	225	1.485
2018	399	100	183	8	112	106	134	223	223	1.488	480	114	216	6	132	132	162	270	270	1.782
2019	319	81	147	7	90	84	107	178	178	1.191	560	133	252	7	154	154	189	315	315	2.079
2020	239	62	111	6	68	62	80	133	133	894	640	152	288	8	176	176	216	360	360	2.376
2021	159	43	75	5	46	40	53	88	88	597	720	171	324	9	198	198	243	405	405	2.673
2022	79	24	39	4	24	18	26	43	43	300	800	190	360	10	220	220	270	450	450	2.970
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	879	214	399	14	244	238	296	493	493	3.270

Tabla 156: Cantidad Anual de Viviendas Construidas entre el 2007 y el 2012, Coyhaique

Tip	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	TOTAL
N° Casas	754	183	342	12	209	204	253	423	423	2.803

Tabla 157: Viviendas Construidas Después del 2012, Coyhaique

AÑO	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	Total
2013	126	31	57	2	35	34	42	70	70	467
2014	252	62	114	4	70	68	84	140	140	934
2015	378	93	171	6	105	102	126	210	210	1.401
2016	504	124	228	8	140	136	168	280	280	1.868
2017	630	155	285	10	175	170	210	350	350	2.335
2018	756	186	342	12	210	204	252	420	420	2.802
2019	882	217	399	14	245	238	294	490	490	3.269
2020	1.008	248	456	16	280	272	336	560	560	3.736
2021	1.134	279	513	18	315	306	378	630	630	4.203
2022	1.260	310	570	20	350	340	420	700	700	4.670
2023	1.386	341	627	22	385	374	462	770	770	5.137

11.30. Emisiones y Concentraciones Anuales de MP2,5

Las emisiones de MP2,5 provenientes de la combustión de leña se calculan considerando los datos presentados en el Anexo 11.27 y el parque de artefactos presentado en el Anexo 11.3. Por otra parte, las emisiones provenientes de otras fuentes fueron proyectadas considerando los datos del Anexo 11.15 y los indicadores del Anexo 11.16.

11.30.1. Emisiones y Concentraciones de MP2,5 en Talca, 2013 -2023

Tabla 158: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Talca, Escenario Base

Año	[ton]	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	2501,7	51,06	9,76	60,82
2014	2528,8	51,61	9,91	61,52
2015	2555,9	52,16	10,06	62,22
2016	2583,0	52,71	10,21	62,92
2017	2610,1	53,27	10,37	63,64
2018	2637,2	53,82	10,53	64,35
2019	2664,3	54,37	10,69	65,06
2020	2691,4	54,93	10,85	65,78
2021	2718,5	55,48	11,01	66,49
2022	2745,6	56,03	11,18	67,21
2023	2772,7	56,59	11,35	67,94

Tabla 159: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Talca, Escenario 1

Año	[ton]	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	2.325	47,44	9,76	57,20
2014	2.175	44,38	9,91	54,29
2015	2.025	41,32	10,06	51,38
2016	1.875	38,26	10,21	48,47
2017	1.725	35,20	10,37	45,57
2018	1.575	32,14	10,53	42,67
2019	1.425	29,08	10,69	39,77
2020	1.275	26,02	10,85	36,87
2021	1.125	22,96	11,01	33,97
2022	975	19,90	11,18	31,08
2023	1.002	20,45	11,35	31,80

Tabla 160: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Talca, Escenario 2

Año	[ton]	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	2430,6	49,60	9,76	59,36
2014	2386,7	48,71	9,91	58,62
2015	2342,7	47,81	10,06	57,87
2016	2298,8	46,91	10,21	57,12
2017	2254,8	46,02	10,37	56,39
2018	2210,8	45,12	10,53	55,65
2019	2166,9	44,22	10,69	54,91
2020	2122,9	43,33	10,85	54,18
2021	2078,9	42,43	11,01	53,44
2022	2035,0	41,53	11,18	52,71
2023	2062,2	42,08	11,35	53,43

Tabla 161: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Talca, Escenario 3

Año	[ton]	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	2.331,8	47,59	9,76	57,35
2014	2.206,9	45,04	9,91	54,95
2015	2.082,1	42,49	10,06	52,55
2016	1.957,2	39,94	10,21	50,15
2017	1.832,3	37,39	10,37	47,76
2018	1.707,4	34,85	10,53	45,38
2019	1.582,5	32,30	10,69	42,99
2020	1.457,6	29,75	10,85	40,60
2021	1.332,8	27,20	11,01	38,21
2022	1.207,9	24,65	11,18	35,83
2023	1.083,9	22,12	11,35	33,47

11.30.2. Emisiones y Concentraciones de MP2,5 en Temuco-Padre Las Casas, 2013-2020

Tabla 162: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en T-PLC, Escenario Base

Año	[ton]	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	13.948,1	55,0	2,08	57,06
2014	14.090,2	55,5	2,14	57,68
2015	14.232,3	56,1	2,21	58,31
2016	14.374,5	56,7	2,27	58,93
2017	14.516,7	57,2	2,34	59,56
2018	14.658,8	57,8	2,41	60,19
2019	14.800,9	58,3	2,48	60,82
2020	14.943,1	58,9	2,55	61,45

Tabla 163: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en T-PLC, Escenario 1

Año	[ton]	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	12.427,1	48,98	2,08	51,07
2014	11.066,7	43,62	2,14	45,77
2015	9.706,4	38,26	2,21	40,47
2016	8.346,1	32,90	2,27	35,17
2017	6.985,7	27,54	2,34	29,87
2018	5.625,3	22,17	2,41	24,58
2019	4.264,9	16,81	2,48	19,29
2020	4.425,5	17,44	2,55	19,99

Tabla 164: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en T-PLC, Escenario 2

Año	[ton]	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	13.310	52,46	2,08	54,55
2014	12.578	49,58	2,14	51,72
2015	11.846	46,69	2,21	48,90
2016	11.113	43,81	2,27	46,08
2017	10.381	40,92	2,34	43,26
2018	9.649	38,03	2,41	40,44
2019	8.916	35,15	2,48	37,62
2020	9.059	35,71	2,55	38,25

Tabla 165: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en T-PLC, Escenario 3

Año	[ton]	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	12.864	50,70	2,08	52,79
2014	11.920	46,98	2,14	49,13
2015	10.976	43,26	2,21	45,47
2016	10.031	39,54	2,27	41,81
2017	9.087	35,82	2,34	38,16
2018	8.143	32,10	2,41	34,50
2019	7.199	28,38	2,48	30,85
2020	6.257	24,66	2,55	27,21

11.30.3. Emisiones y Concentraciones de MP2,5 en Coyhaique, 2013-2023

Tabla 166: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Coyhaique, Escenario Base

Año	[ton]	µg/m ³		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	11.409,4	78,42	3,57	81,99
2014	11.266,5	77,43	3,76	81,19
2015	11.123,5	76,45	3,95	80,40
2016	10.980,5	75,47	4,16	79,62
2017	10.837,6	74,48	4,37	78,86
2018	10.694,6	73,50	4,60	78,10
2019	10.551,6	72,52	4,83	77,35
2020	10.408,7	71,54	5,08	76,62
2021	10.265,3	70,55	5,35	75,90
2022	10.164,7	69,86	5,62	75,48
2023	10.064,1	69,17	5,91	75,08

Tabla 167: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Coyhaique, Escenario 1

Año	[ton]	µg/m ³		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	10.913,7	75,01	3,57	78,58
2014	10.281,2	70,66	3,76	74,42
2015	9.648,7	66,31	3,95	70,27
2016	9.016,2	61,97	4,16	66,12
2017	8.383,7	57,62	4,37	61,99
2018	7.751,2	53,27	4,60	57,87
2019	7.118,7	48,93	4,83	53,76
2020	6.486,3	44,58	5,08	49,66
2021	5.853,3	40,23	5,35	45,57
2022	5.262,3	36,17	5,62	41,79
2023	5.167,9	35,52	5,91	41,43

Tabla 168: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Coyhaique, Escenario 2

Año	[ton]	µg/m ³		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	11.120,7	76,43	3,57	80,00
2014	10.689,0	73,46	3,76	77,22
2015	10.257,4	70,50	3,95	74,45
2016	9.825,7	67,53	4,16	71,69
2017	9.394,0	64,56	4,37	68,93
2018	8.962,3	61,60	4,60	66,19
2019	8.530,7	58,63	4,83	63,46
2020	8.099,0	55,66	5,08	60,75
2021	7.666,9	52,69	5,35	58,04
2022	7.277,1	50,01	5,62	55,64
2023	7.176,5	49,32	5,91	55,24

Tabla 169: Emisión y Concentración Anual de MP2,5 en Coyhaique, Escenario 3

Año	[ton]	µg/m ³		
	Emisiones Combustión Leña	Concentración Combustión Leña	Concentración Otras Fuentes	Concentración Ciudad
2013	10.925,7	75,09	3,57	78,66
2014	10.308,3	70,85	3,76	74,60
2015	9.690,9	66,60	3,95	70,56
2016	9.073,4	62,36	4,16	66,52
2017	8.456,0	58,12	4,37	62,49
2018	7.838,6	53,87	4,60	58,47
2019	7.221,2	49,63	4,83	54,46
2020	6.603,8	45,39	5,08	50,47
2021	5.986,3	41,14	5,35	46,49
2022	5.368,9	36,90	5,62	42,52
2023	4.753,3	32,67	5,91	38,58

11.31. Número de Casos

11.31.1. Casos Proyectados y Evitados en Talca

Tabla 170: Casos Proyectados en Talca, Escenario Base

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	85	87	89	91	93	96	98	100	103	105	108
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Niños	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
	CVD	Adultos	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	49
		Adultos Mayores	62	65	69	73	78	82	87	92	95	100	104
	DYS	Adultos Mayores	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	10
	CLD	Adultos	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18	18
		Adultos Mayores	11	11	12	13	13	14	15	16	16	17	18
	PNEU	Adultos Mayores	119	125	132	141	149	158	167	176	183	191	200
	RSP	Adultos Mayores	150	159	168	178	189	200	211	222	231	242	253
CHF	Adultos Mayores	27	29	31	33	35	37	39	41	42	44	46	
IHD	Adultos Mayores	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	53.168	54.699	56.246	57.584	58.917	60.276	61.646	63.060	64.878	66.431	68.014
	RAD	Adultos	262.553	270.109	277.749	284.358	290.941	297.648	304.418	311.397	320.377	328.045	335.860
	MRAD	Adultos	498.131	512.467	526.960	539.500	551.989	564.715	577.559	590.799	607.837	622.385	637.212

Tabla 171: Casos Evitados en Talca, Escenario 1

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	6	12	18	25	32	39	46	53	60	68	69
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
		Niños	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	CVD	Adultos	3	5	8	11	14	17	20	24	27	31	31
		Adultos Mayores	4	9	14	20	26	33	40	48	56	64	67
	DYS	Adultos Mayores	0	1	1	2	2	3	4	5	5	6	6
	CLD	Adultos	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
		Adultos Mayores	1	2	2	3	5	6	7	8	10	11	11
	PNEU	Adultos Mayores	8	18	28	39	51	64	77	92	107	123	128
	RSP	Adultos Mayores	11	22	35	49	64	80	98	117	135	156	162
CHF	Adultos Mayores	2	4	6	9	12	15	18	21	25	29	30	
IHD	Adultos Mayores	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	3.769	7.663	11.689	15.786	19.986	24.280	28.675	33.189	38.029	42.837	43.435
	RAD	Adultos	18.614	37.839	57.722	77.954	98.692	119.900	141.599	163.890	187.791	211.534	214.490
	MRAD	Adultos	35.316	71.791	109.514	147.899	187.243	227.481	268.650	310.941	356.288	401.334	406.942

Tabla 172: Casos Evitados en Talca, Escenario 2

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	2	5	7	10	13	15	18	21	24	27	28
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Niños	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	CVD	Adultos	1	2	3	5	6	7	8	10	11	12	12
		Adultos Mayores	2	4	6	8	11	13	16	19	22	26	27
	DYS	Adultos Mayores	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3
	CLD	Adultos	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
		Adultos Mayores	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5
	PNEU	Adultos Mayores	3	7	11	15	20	26	31	37	43	50	51
	RSP	Adultos Mayores	4	9	14	20	26	32	39	47	54	63	65
CHF	Adultos Mayores	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	
IHD	Adultos Mayores	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	1.520	3.074	4.691	6.336	8.019	9.744	11.508	13.317	15.261	17.192	17.439
	RAD	Adultos	7.507	15.178	23.163	31.290	39.597	48.115	56.830	65.760	75.359	84.895	86.116
	MRAD	Adultos	14.243	28.796	43.947	59.364	75.125	91.286	107.821	124.764	142.975	161.067	163.385

Tabla 173: Casos Evitados en Talca, Escenario 3

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	6	11	16	22	28	34	40	46	52	59	66
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
		Niños	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2
	CVD	Adultos	3	5	7	10	13	15	18	21	24	27	30
		Adultos Mayores	4	8	13	18	23	29	35	42	49	56	64
	DYS	Adultos Mayores	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6
	CLD	Adultos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Adultos Mayores	1	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
	PNEU	Adultos Mayores	8	16	25	34	44	56	68	81	93	107	122
	RSP	Adultos Mayores	10	20	31	43	56	70	86	102	118	136	154
CHF	Adultos Mayores	2	4	6	8	10	13	16	19	22	25	28	
	IHD	Adultos Mayores	0	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	3.615	6.964	10.426	13.948	17.559	21.251	25.028	28.909	33.071	37.204	41.429
	RAD	Adultos	17.853	34.388	51.487	68.879	86.710	104.940	123.590	142.757	163.311	183.720	204.579
	MRAD	Adultos	33.871	65.242	97.684	130.681	164.512	199.098	234.482	270.846	309.843	348.564	388.140

11.31.2. Casos Proyectados y Evitados en la Localidad de Temuco – Padre Las Casas

Tabla 174: Casos Proyectados en T.PLC, Escenario Base

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	118	121	124	127	130	133	137	140	118	121	124
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3
		Niños	9	9	9	9	9	9	9	10	9	9	9
	CVD	Adultos	93	96	99	102	104	107	109	112	93	96	99
		Adultos Mayores	119	125	131	139	147	155	163	172	119	125	131
	DYS	Adultos Mayores	12	13	14	15	15	16	17	18	12	13	14
	CLD	Adultos	67	69	71	72	74	76	78	80	67	69	71
		Adultos Mayores	47	49	51	54	57	61	64	67	47	49	51
	PNEU	Adultos Mayores	239	251	264	279	296	312	328	345	239	251	264
	RSP	Adultos Mayores	342	360	378	400	423	447	470	494	342	360	378
CHF	Adultos Mayores	40	42	44	46	49	52	54	57	40	42	44	
IHD	Adultos Mayores	8	9	9	10	10	11	12	12	8	9	9	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	90.158	92.983	95.836	98.241	100.679	103.129	105.630	108.141	90.158	92.983	95.836
	RAD	Adultos	445.209	459.161	473.249	485.128	497.169	509.264	521.615	534.017	445.209	459.161	473.249
	MRAD	Adultos	844.676	871.146	897.875	920.412	943.257	966.203	989.636	1.013.166	844.676	871.146	897.875

Tabla 175: Casos Evitados en T-PLC, Escenario 1

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	13	26	39	53	68	82	97	99	13	26	39
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	1	1	1	2	2	2	2	0	1	1
		Niños	1	2	3	4	5	6	7	7	1	2	3
	CVD	Adultos	10	21	32	43	54	66	78	79	10	21	32
		Adultos Mayores	13	27	42	58	76	96	116	121	13	27	42
	DYS	Adultos Mayores	1	3	4	6	8	10	12	13	1	3	4
		Adultos	7	15	22	30	39	47	55	56	7	15	22
	CLD	Adultos Mayores	5	10	16	23	30	37	46	47	5	10	16
		Adultos	26	54	84	117	153	192	234	243	26	54	84
	PNEU	Adultos Mayores	37	77	120	168	220	275	335	348	37	77	120
RSP	Adultos Mayores	4	9	14	19	25	32	39	40	4	9	14	
CHF	Adultos Mayores	1	2	3	4	5	7	8	9	1	2	3	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	9.823	19.940	30.477	41.197	52.240	63.558	75.193	76.121	9.823	19.940	30.477
	RAD	Adultos	48.506	98.465	150.498	203.437	257.969	313.860	371.315	375.893	48.506	98.465	150.498
	MRAD	Adultos	92.029	186.813	285.533	385.971	489.433	595.473	704.480	713.166	92.029	186.813	285.533

Tabla 176: Casos Evitados en T-PLC, Escenario 2

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	5	13	21	29	37	46	54	55	5	13	21
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
		Niños	0	1	1	2	3	3	4	4	0	1	1
	CVD	Adultos	4	10	17	23	30	37	44	44	4	10	17
		Adultos Mayores	5	13	22	32	42	53	65	68	5	13	22
	DYS	Adultos Mayores	1	1	2	3	4	6	7	7	1	1	2
		Adultos	3	7	12	16	21	26	31	31	3	7	12
	CLD	Adultos Mayores	2	5	9	12	16	21	25	26	2	5	9
		Adultos	11	27	44	63	84	107	131	136	11	27	44
	PNEU	Adultos Mayores	16	39	63	91	121	153	187	195	16	39	63
RSP	Adultos Mayores	2	4	7	10	14	18	22	23	2	4	7	
CHF	Adultos Mayores	0	1	2	2	3	4	5	5	0	1	2	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	4.116	9.978	16.075	22.280	28.680	35.251	42.005	42.595	4.116	9.978	16.075
	RAD	Adultos	20.326	49.274	79.382	110.024	141.627	174.073	207.429	210.341	20.326	49.274	79.382
	MRAD	Adultos	38.563	93.485	150.609	208.743	268.702	330.261	393.545	399.070	38.563	93.485	150.609

Tabla 177: Casos Evitados en T-PLC, Escenario 3

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	9	19	28	38	49	59	70	81	9	19	28
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	0	1	1	1	1	2	2	0	0	1
		Niños	1	1	2	3	3	4	5	6	1	1	2
	CVD	Adultos	7	15	23	31	39	48	56	65	7	15	23
		Adultos Mayores	9	19	30	42	55	69	84	100	9	19	30
	DYS	Adultos Mayores	1	2	3	4	6	7	9	10	1	2	3
	CLD	Adultos	5	11	16	22	28	34	40	46	5	11	16
		Adultos Mayores	4	8	12	16	21	27	33	39	4	8	12
	PNEU	Adultos Mayores	19	39	60	84	111	139	169	201	19	39	60
	RSP	Adultos Mayores	27	55	86	121	158	199	242	287	27	55	86
CHF	Adultos Mayores	3	6	10	14	18	23	28	33	3	6	10	
IHD	Adultos Mayores	1	1	2	3	4	5	6	7	1	1	2	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	7.004	14.317	21.936	29.680	37.659	45.846	54.259	62.864	7.004	14.317	21.936
	RAD	Adultos	34.585	70.700	108.323	146.565	185.966	226.396	267.940	310.429	34.585	70.700	108.323
	MRAD	Adultos	65.616	134.135	205.516	278.072	352.825	429.531	508.350	588.962	65.616	134.135	205.516

11.31.3. Casos Proyectados y Evitados en la Ciudad de Coyhaique

Tabla 178: Casos Proyectados en Coyhaique, Escenario Base

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	31	31	31	31	31	31	31	30	30	30	30
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Niños	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	CVD	Adultos	26	26	26	26	25	25	25	25	25	25	24
		Adultos Mayores	25	25	26	27	28	29	30	31	33	34	35
	DYS	Adultos Mayores	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
	CLD	Adultos	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17
		Adultos Mayores	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16
	PNEU	Adultos Mayores	46	47	49	51	53	55	56	58	61	63	66
	RSP	Adultos Mayores	77	79	81	84	88	91	94	97	101	105	110
CHF	Adultos Mayores	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	
IHD	Adultos Mayores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	18.832	18.840	18.850	18.756	18.636	18.533	18.416	18.299	18.103	17.984	17.846
	RAD	Adultos	92.996	93.037	93.083	92.620	92.030	91.519	90.941	90.365	89.394	88.808	88.127
	MRAD	Adultos	176.437	176.515	176.603	175.725	174.605	173.635	172.537	171.445	169.603	168.493	167.199

Tabla 179: Casos Evitados en Coyhaique, Escenario 1

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	1	3	4	6	7	8	10	11	13	15	15
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		Niños	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	CVD	Adultos	1	2	3	5	6	7	8	9	11	12	12
		Adultos Mayores	1	2	3	5	6	8	10	12	14	16	17
	DYS	Adultos Mayores	0	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3
	CLD	Adultos	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8	8
		Adultos Mayores	0	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8
	PNEU	Adultos Mayores	2	4	6	9	12	15	18	22	26	31	32
	RSP	Adultos Mayores	3	7	11	15	20	25	31	36	43	51	53
CHF	Adultos Mayores	0	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	
IHD	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	819	1.647	2.498	3.355	4.221	5.101	5.991	6.896	7.782	8.673	8.682
	RAD	Adultos	4.044	8.134	12.334	16.568	20.844	25.189	29.582	34.055	38.430	42.828	42.873
	MRAD	Adultos	7.673	15.433	23.401	31.434	39.546	47.789	56.125	64.612	72.912	81.255	81.341

Tabla 180: Casos Evitados en Coyhaique, Escenario 2

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Niños	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	CVD	Adultos	1	1	2	3	3	4	5	6	6	7	7
		Adultos Mayores	1	1	2	3	4	5	6	7	8	10	10
	DYS	Adultos Mayores	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2
	CLD	Adultos	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
		Adultos Mayores	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5
	PNEU	Adultos Mayores	1	2	4	5	7	9	11	13	15	18	19
	RSP	Adultos Mayores	2	4	6	9	12	15	18	21	26	30	31
CHF	Adultos Mayores	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	
IHD	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	478	966	1.467	1.971	2.485	3.003	3.527	4.060	4.583	5.107	5.119
	RAD	Adultos	2.360	4.770	7.245	9.732	12.269	14.829	17.418	20.047	22.630	25.221	25.278
	MRAD	Adultos	4.478	9.050	13.745	18.465	23.277	28.135	33.047	38.034	42.935	47.851	47.958

Tabla 181: Casos Evitados en Coyhaique, Escenario 3

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	1	3	4	5	7	8	10	11	13	14	16
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		Niños	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	CVD	Adultos	1	2	3	4	6	7	8	9	10	12	13
		Adultos Mayores	1	2	3	5	6	8	10	11	14	16	19
	DYS	Adultos Mayores	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3
	CLD	Adultos	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9
		Adultos Mayores	0	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8
	PNEU	Adultos Mayores	2	4	6	9	12	15	18	21	25	30	35
	RSP	Adultos Mayores	3	7	10	15	19	24	30	35	42	50	58
	CHF	Adultos Mayores	0	1	1	2	3	3	4	5	6	7	8
IHD	Adultos Mayores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	799	1.602	2.427	3.259	4.097	4.950	5.814	6.689	7.546	8.487	9.419
	RAD	Adultos	3.946	7.913	11.987	16.095	20.230	24.442	28.712	33.032	37.266	41.910	46.514
	MRAD	Adultos	7.486	15.013	22.742	30.536	38.381	46.373	54.475	62.671	70.702	79.514	88.250

11.32. Beneficios Económicos

Los beneficios económicos, cuantificados sólo en casos mortalidad, admisiones hospitalarias y pérdida de días laborales evitados, se muestran a continuación en la Sección 11.32.1, 11.32.2, y 11.32.3.

11.32.1. Beneficios Económicos en la Ciudad de Talca

Tabla 182: Beneficios Económicos en Talca, Escenario 1

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	18.798,0	37.596,0	56.394,0	78.325,0	100.256,0	122.187,0	144.118,0	166.049,0	187.980,0	213.044,0	216.177,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
		Niños	0,0	0,0	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	44,2	44,2	44,2
	CVD	Adultos	146,7	244,5	391,2	537,9	684,6	831,3	978,0	1.173,6	1.320,3	1.515,9	1.515,9
		Adultos Mayores	194,8	438,3	681,8	974,0	1.266,2	1.607,1	1.948,0	2.337,6	2.727,2	3.116,8	3.262,9
	DYS	Adultos Mayores	0,0	48,1	48,1	96,2	96,2	144,3	192,4	240,5	240,5	288,6	288,6
		Adultos	31,0	62,0	93,0	124,0	155,0	186,0	248,0	279,0	310,0	341,0	372,0
	CLD	Adultos Mayores	31,6	63,2	63,2	94,8	158,0	189,6	221,2	252,8	316,0	347,6	347,6
		Adultos Mayores	273,6	615,6	957,6	1.333,8	1.744,2	2.188,8	2.633,4	3.146,4	3.659,4	4.206,6	4.377,6
	RSP	Adultos Mayores	375,1	750,2	1.193,5	1.670,9	2.182,4	2.728,0	3.341,8	3.989,7	4.603,5	5.319,6	5.524,2
	CHF	Adultos Mayores	63,2	126,4	189,6	284,4	379,2	474,0	568,8	663,6	790,0	916,4	948,0
IHD	Adultos Mayores	0,0	0,0	24,4	24,4	24,4	48,8	48,8	48,8	73,2	73,2	73,2	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	2.713,7	5.517,4	8.416,1	11.365,9	14.389,9	17.481,6	20.646,0	23.896,1	27.380,9	30.842,6	31.273,2
	RAD	Adultos	3.908,9	7.946,2	12.121,6	16.370,3	20.725,3	25.179,0	29.735,8	34.416,9	39.436,1	44.422,1	45.042,9
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			26.536,6	53.407,9	80.596,2	111.223,8	142.083,5	173.267,6	204.726,4	236.540,2	268.905,4	304.502,8	309.271,4
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			7.738,6	15.811,9	24.202,2	32.898,8	41.827,5	51.080,6	60.608,4	70.491,2	80.925,4	91.458,8	93.094,4

Tabla 183: Beneficios Económicos en Talca, Escenario 2

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	6.266,0	15.665,0	21.931,0	31.330,0	40.729,0	46.995,0	56.394,0	65.793,0	75.192,0	84.591,0	87.724,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Niños	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	22,1	22,1
	CVD	Adultos	48,9	97,8	146,7	244,5	293,4	342,3	391,2	489,0	537,9	586,8	586,8
		Adultos Mayores	97,4	194,8	292,2	389,6	535,7	633,1	779,2	925,3	1.071,4	1.266,2	1.314,9
	DYS	Adultos Mayores	0,0	0,0	48,1	48,1	48,1	48,1	96,2	96,2	96,2	96,2	144,3
	CLD	Adultos	0,0	31,0	31,0	62,0	62,0	93,0	93,0	124,0	124,0	155,0	155,0
		Adultos Mayores	0,0	31,6	31,6	31,6	63,2	63,2	94,8	94,8	126,4	126,4	158,0
	PNEU	Adultos Mayores	102,6	239,4	376,2	513,0	684,0	889,2	1.060,2	1.265,4	1.470,6	1.710,0	1.744,2
	RSP	Adultos Mayores	136,4	306,9	477,4	682,0	886,6	1.091,2	1.329,9	1.602,7	1.841,4	2.148,3	2.216,5
	CHF	Adultos Mayores	31,6	63,2	94,8	126,4	158,0	189,6	221,2	284,4	316,0	347,6	379,2
IHD	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	1.094,4	2.213,3	3.377,5	4.561,9	5.773,7	7.015,7	8.285,8	9.588,2	10.987,9	12.378,2	12.556,1
	RAD	Adultos	1.576,5	3.187,4	4.864,2	6.570,9	8.315,4	10.104,2	11.934,3	13.809,6	15.825,4	17.828,0	18.084,4
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			9.353,8	22.030,4	31.670,8	44.560,0	57.573,5	67.488,9	80.704,2	94.119,1	107.635,7	121.280,2	125.109,8
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			3.087,8	6.365,4	9.739,8	13.230,0	16.844,5	20.493,9	24.310,2	28.326,1	32.443,7	36.689,2	37.385,8

Tabla 184: Beneficios Económicos en Talca, Escenario 3

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	18.798,0	34.463,0	50.128,0	68.926,0	87.724,0	106.522,0	125.320,0	144.118,0	162.916,0	184.847,0	206.778,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	24,1	24,1	24,1
		Niños	0,0	0,0	0,0	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	44,2
	CVD	Adultos	146,7	244,5	342,3	489,0	635,7	733,5	880,2	1.026,9	1.173,6	1.320,3	1.467,0
		Adultos Mayores	194,8	389,6	633,1	876,6	1.120,1	1.412,3	1.704,5	2.045,4	2.386,3	2.727,2	3.116,8
	DYS	Adultos Mayores	0,0	48,1	48,1	96,2	96,2	144,3	144,3	192,4	240,5	240,5	288,6
	CLD	Adultos	31,0	62,0	93,0	124,0	155,0	186,0	217,0	248,0	279,0	310,0	341,0
		Adultos Mayores	31,6	31,6	63,2	94,8	126,4	158,0	189,6	221,2	252,8	316,0	347,6
	PNEU	Adultos Mayores	273,6	547,2	855,0	1.162,8	1.504,8	1.915,2	2.325,6	2.770,2	3.180,6	3.659,4	4.172,4
	RSP	Adultos Mayores	341,0	682,0	1.057,1	1.466,3	1.909,6	2.387,0	2.932,6	3.478,2	4.023,8	4.637,6	5.251,4
	CHF	Adultos Mayores	63,2	126,4	189,6	252,8	316,0	410,8	505,6	600,4	695,2	790,0	884,8
IHD	Adultos Mayores	0,0	0,0	24,4	24,4	24,4	24,4	48,8	48,8	48,8	73,2	73,2	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	2.602,8	5.014,1	7.506,7	10.042,6	12.642,5	15.300,7	18.020,2	20.814,5	23.811,1	26.786,9	29.828,9
	RAD	Adultos	3.749,1	7.221,5	10.812,3	14.464,6	18.209,1	22.037,4	25.953,9	29.979,0	34.295,3	38.581,2	42.961,6
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			26.231,8	48.830,0	71.752,8	98.042,2	124.485,9	151.253,7	178.264,4	205.589,2	233.349,2	264.335,5	295.579,6
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			7.433,8	14.367,0	21.624,8	29.116,2	36.761,9	44.731,7	52.944,4	61.471,2	70.433,2	79.488,5	88.801,6

11.32.2. Beneficios Económicos en la Ciudad de T-PLC

Tabla 185: Beneficios Económicos en T-PLC, Escenario 1

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF							
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mortalidad Prematura	-	Todos	40.729,0	81.458,0	122.187,0	166.049,0	213.044,0	256.906,0	303.901,0	310.167,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	24,1	24,1	24,1	48,2	48,2	48,2	48,2
		Niños	22,1	44,2	66,3	88,4	110,5	132,6	154,7	154,7
	CVD	Adultos	489,0	1.026,9	1.564,8	2.102,7	2.640,6	3.227,4	3.814,2	3.863,1
		Adultos Mayores	633,1	1.314,9	2.045,4	2.824,6	3.701,2	4.675,2	5.649,2	5.892,7
	DYS	Adultos Mayores	48,1	144,3	192,4	288,6	384,8	481,0	577,2	625,3
	CLD	Adultos	217,0	465,0	682,0	930,0	1.209,0	1.457,0	1.705,0	1.736,0
		Adultos Mayores	158,0	316,0	505,6	726,8	948,0	1.169,2	1.453,6	1.485,2
	PNEU	Adultos Mayores	889,2	1.846,8	2.872,8	4.001,4	5.232,6	6.566,4	8.002,8	8.310,6
	RSP	Adultos Mayores	1.261,7	2.625,7	4.092,0	5.728,8	7.502,0	9.377,5	11.423,5	11.866,8
	CHF	Adultos Mayores	126,4	284,4	442,4	600,4	790,0	1.011,2	1.232,4	1.264,0
IHD	Adultos Mayores	24,4	48,8	73,2	97,6	122,0	170,8	195,2	219,6	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	7.072,6	14.356,8	21.943,4	29.661,8	37.612,8	45.761,8	54.139,0	54.807,1
	RAD	Adultos	10.186,3	20.677,7	31.604,6	42.721,8	54.173,5	65.910,6	77.976,2	78.937,5
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			61.856,8	124.633,6	188.296,0	255.846,0	327.519,2	396.894,9	470.272,1	479.377,9
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			21.127,8	43.175,6	66.109,0	89.797,0	114.475,2	139.988,9	166.371,1	169.210,9

Tabla 186: Beneficios Económicos en T-PLC, Escenario 2

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF							
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mortalidad Prematura	-	Todos	15.665,0	40.729,0	65.793,0	90.857,0	115.921,0	144.118,0	169.182,0	172.315,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
		Niños	0,0	22,1	22,1	44,2	66,3	66,3	88,4	88,4
	CVD	Adultos	195,6	489,0	831,3	1.124,7	1.467,0	1.809,3	2.151,6	2.151,6
		Adultos Mayores	243,5	633,1	1.071,4	1.558,4	2.045,4	2.581,1	3.165,5	3.311,6
	DYS	Adultos Mayores	48,1	48,1	96,2	144,3	192,4	288,6	336,7	336,7
	CLD	Adultos	93,0	217,0	372,0	496,0	651,0	806,0	961,0	961,0
		Adultos Mayores	63,2	158,0	284,4	379,2	505,6	663,6	790,0	821,6
	PNEU	Adultos Mayores	376,2	923,4	1.504,8	2.154,6	2.872,8	3.659,4	4.480,2	4.651,2
	RSP	Adultos Mayores	545,6	1.329,9	2.148,3	3.103,1	4.126,1	5.217,3	6.376,7	6.649,5
	CHF	Adultos Mayores	63,2	126,4	221,2	316,0	442,4	568,8	695,2	726,8
IHD	Adultos Mayores	0,0	24,4	48,8	48,8	73,2	97,6	122,0	122,0	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	2.963,5	7.184,2	11.574,0	16.041,6	20.649,6	25.380,7	30.243,6	30.668,4
	RAD	Adultos	4.268,5	10.347,5	16.670,2	23.105,0	29.741,7	36.555,3	43.560,1	44.171,6
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			24.525,4	62.232,1	100.637,7	139.397,0	178.778,6	221.836,2	262.177,1	266.999,5
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			8.860,4	21.503,1	34.844,7	48.540,0	62.857,6	77.718,2	92.995,1	94.684,5

Tabla 187: Beneficios Económicos en T-PLC, Escenario 3

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF							
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mortalidad Prematura	-	Todos	28.197,0	59.527,0	87.724,0	119.054,0	153.517,0	184.847,0	219.310,0	253.773,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	0,0	24,1	24,1	24,1	24,1	48,2	48,2
		Niños	22,1	22,1	44,2	66,3	66,3	88,4	110,5	132,6
	CVD	Adultos	342,3	733,5	1.124,7	1.515,9	1.907,1	2.347,2	2.738,4	3.178,5
		Adultos Mayores	438,3	925,3	1.461,0	2.045,4	2.678,5	3.360,3	4.090,8	4.870,0
	DYS	Adultos Mayores	48,1	96,2	144,3	192,4	288,6	336,7	432,9	481,0
	CLD	Adultos	155,0	341,0	496,0	682,0	868,0	1.054,0	1.240,0	1.426,0
		Adultos Mayores	126,4	252,8	379,2	505,6	663,6	853,2	1.042,8	1.232,4
	PNEU	Adultos Mayores	649,8	1.333,8	2.052,0	2.872,8	3.796,2	4.753,8	5.779,8	6.874,2
	RSP	Adultos Mayores	920,7	1.875,5	2.932,6	4.126,1	5.387,8	6.785,9	8.252,2	9.786,7
	CHF	Adultos Mayores	94,8	189,6	316,0	442,4	568,8	726,8	884,8	1.042,8
	IHD	Adultos Mayores	24,4	24,4	48,8	73,2	97,6	122,0	146,4	170,8
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	5.042,9	10.308,2	15.793,9	21.369,6	27.114,5	33.009,1	39.066,5	45.262,1
	RAD	Adultos	7.262,9	14.847,0	22.747,8	30.778,7	39.052,9	47.543,2	56.267,4	65.190,1
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			43.324,6	90.476,4	135.288,7	183.748,5	236.030,9	285.851,7	339.410,7	393.468,4
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			15.127,6	30.949,4	47.564,7	64.694,5	82.513,9	101.004,7	120.100,7	139.695,4

11.32.3. Beneficios Económicos en la Ciudad de Coyhaique

Tabla 188: Beneficios Económicos en Coyhaique, Escenario 1

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	3.133,0	9.399,0	12.532,0	18.798,0	21.931,0	25.064,0	31.330,0	34.463,0	40.729,0	46.995,0	46.995,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	24,1
		Niños	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1
	CVD	Adultos	48,9	97,8	146,7	244,5	293,4	342,3	391,2	440,1	537,9	586,8	586,8
		Adultos Mayores	48,7	97,4	146,1	243,5	292,2	389,6	487,0	584,4	681,8	779,2	827,9
	DYS	Adultos Mayores	0,0	0,0	48,1	48,1	48,1	48,1	96,2	96,2	96,2	144,3	144,3
	CLD	Adultos	31,0	62,0	62,0	93,0	124,0	155,0	186,0	217,0	217,0	248,0	248,0
		Adultos Mayores	0,0	31,6	63,2	63,2	94,8	126,4	126,4	158,0	189,6	221,2	252,8
	PNEU	Adultos Mayores	68,4	136,8	205,2	307,8	410,4	513,0	615,6	752,4	889,2	1.060,2	1.094,4
	RSP	Adultos Mayores	102,3	238,7	375,1	511,5	682,0	852,5	1.057,1	1.227,6	1.466,3	1.739,1	1.807,3
	CHF	Adultos Mayores	0,0	31,6	31,6	63,2	94,8	94,8	126,4	158,0	189,6	221,2	221,2
	IHD	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4	24,4
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	589,7	1.185,8	1.798,6	2.415,6	3.039,1	3.672,7	4.313,5	4.965,1	5.603,0	6.244,6	6.251,0
	RAD	Adultos	849,2	1.708,1	2.590,1	3.479,3	4.377,2	5.289,7	6.212,2	7.151,6	8.070,3	8.993,9	9.003,3
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			4.871,2	12.988,9	17.998,7	26.267,7	31.409,2	36.570,2	44.963,7	50.235,5	58.692,0	67.304,0	67.502,7
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			1.738,2	3.589,9	5.466,7	7.469,7	9.478,2	11.506,2	13.633,7	15.772,5	17.963,0	20.309,0	20.507,7

Tabla 189: Beneficios Económicos en Coyhaique, Escenario 2

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	3.133,0	6.266,0	6.266,0	9.399,0	12.532,0	15.665,0	18.798,0	21.931,0	25.064,0	28.197,0	28.197,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Niños	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1
	CVD	Adultos	48,9	48,9	97,8	146,7	146,7	195,6	244,5	293,4	293,4	342,3	342,3
		Adultos Mayores	48,7	48,7	97,4	146,1	194,8	243,5	292,2	340,9	389,6	487,0	487,0
	DYS	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	96,2
		Adultos	0,0	31,0	31,0	62,0	62,0	93,0	93,0	124,0	124,0	155,0	155,0
	CLD	Adultos Mayores	0,0	31,6	31,6	31,6	63,2	63,2	94,8	94,8	126,4	126,4	158,0
		Adultos	34,2	68,4	136,8	171,0	239,4	307,8	376,2	444,6	513,0	615,6	649,8
	PNEU	Adultos Mayores	68,2	136,4	204,6	306,9	409,2	511,5	613,8	716,1	886,6	1.023,0	1.057,1
	CHF	Adultos Mayores	0,0	31,6	31,6	31,6	63,2	63,2	63,2	94,8	94,8	126,4	126,4
IHD	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	344,2	695,5	1.056,2	1.419,1	1.789,2	2.162,2	2.539,4	2.923,2	3.299,8	3.677,0	3.685,7
	RAD	Adultos	495,6	1.001,7	1.521,5	2.043,7	2.576,5	3.114,1	3.657,8	4.209,9	4.752,3	5.296,4	5.308,4
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			4.172,8	8.359,8	9.474,5	13.757,7	18.124,3	22.467,2	26.843,1	31.242,9	35.614,1	40.116,4	40.285,0
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			1.039,8	2.093,8	3.208,5	4.358,7	5.592,3	6.802,2	8.045,1	9.311,9	10.550,1	11.919,4	12.088,0

Tabla 190: Beneficios Económicos en Coyhaique, Escenario 3

Efectos	Sigla	Grupo de Edad	UF										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mortalidad Prematura	-	Todos	3.133,0	9.399,0	12.532,0	15.665,0	21.931,0	25.064,0	31.330,0	34.463,0	40.729,0	43.862,0	50.128,0
Admisiones Hospitalarias	ASTH	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	24,1
		Niños	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1
	CVD	Adultos	48,9	97,8	146,7	195,6	293,4	342,3	391,2	440,1	489,0	586,8	635,7
		Adultos Mayores	48,7	97,4	146,1	243,5	292,2	389,6	487,0	535,7	681,8	779,2	925,3
	DYS	Adultos Mayores	0,0	0,0	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	96,2	96,2	96,2	144,3
	CLD	Adultos	31,0	62,0	62,0	93,0	124,0	155,0	186,0	186,0	217,0	248,0	279,0
		Adultos Mayores	0,0	31,6	63,2	63,2	94,8	126,4	126,4	158,0	189,6	221,2	252,8
	PNEU	Adultos Mayores	68,4	136,8	205,2	307,8	410,4	513,0	615,6	718,2	855,0	1.026,0	1.197,0
	RSP	Adultos Mayores	102,3	238,7	341,0	511,5	647,9	818,4	1.023,0	1.193,5	1.432,2	1.705,0	1.977,8
	CHF	Adultos Mayores	0,0	31,6	31,6	63,2	94,8	94,8	126,4	158,0	189,6	221,2	252,8
IHD	Adultos Mayores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4	24,4	
Restricción de Actividad	WLD	Adultos	575,3	1.153,4	1.747,4	2.346,5	2.949,8	3.564,0	4.186,1	4.816,1	5.433,1	6.110,6	6.781,7
	RAD	Adultos	828,7	1.661,7	2.517,3	3.380,0	4.248,3	5.132,8	6.029,5	6.936,7	7.825,9	8.801,1	9.767,9
	MRAD	Adultos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CON MORTALIDAD (UF)			4.836,2	12.910,1	17.840,6	22.917,3	31.156,8	36.270,5	44.571,4	49.723,6	58.160,5	63.727,9	72.412,9
TOTAL SIN MORTALIDAD (UF)			1.703,2	3.511,1	5.308,6	7.252,3	9.225,8	11.206,5	13.241,4	15.260,6	17.431,5	19.865,9	22.284,9

11.33. Inversión

11.33.1. Inversión Escenario 1

Tabla 191: Inversión Recambio de Calefactores a Pellets

Costos	Talca	T-PLC	Coyhaique
Artefacto a Pellet	\$ 610.000	\$ 610.000	\$ 610.000
Kit Instalación	\$ 195.000	\$ 195.000	\$ 195.000
Instalación y Costos Administrativos	\$ 60.000	\$ 60.000	\$ 89.403
Total c/IVA	\$ 865.000	\$ 865.000	\$ 894.403
Total s/IVA	\$ 726.891	\$ 726.891	\$ 751.599
Total [UF] ¹⁴⁸	32,13	32,13	33,23

11.33.2. Inversión Escenario 2

Tabla 192: Inversión Recambio de Calefactores a Leña

Costos	Talca	T-PLC	Coyhaique
Artefacto a Leña + Kit de Instalación	\$ 289.017	\$ 289.017	\$ 289.017
Instalación y Costos Administrativos	\$ 60.000	\$ 60.000	\$ 89.403
Total c/IVA	\$ 349.017	\$ 349.017	\$ 378.420
Total s/IVA	\$ 293.292	\$ 293.292	\$ 318.000
Total [UF] ¹⁴⁸	12,97	12,97	14,06

11.33.3. Inversión Escenario 3

A continuación, en la Tabla 193, Tabla 194 y Tabla 195 se indican las inversiones por tipología para una vivienda construida antes del año 2000. En el caso de una vivienda construida entre el 2000 y el 2007 se excluyen los costos del complejo techumbre.

Tabla 193: Inversión Aislantes Escenario 3, Talca

Complejo	UF/m ² - Talca									
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*	
Muros ¹⁴⁹	0,199	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
Techo	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Pisos	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,123
Ventanas	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111

¹⁴⁸ Valor de la UF de \$22.621 a junio de 2012.

¹⁴⁹ En las tipologías 2 y 6 se consideran las inversiones del primer y segundo piso.

Tabla 194: Inversión Aislantes Escenario 3, T-PLC

		UF/m ² - Talca									
Complejo	Tip 1	Tip 2		Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6		Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*
Muros	0,231	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
Techo	0,218	0,218		0,218	0,218	0,218	0,218		0,218	0,218	0,218
Pisos	0,211	0,211		0,211	0,211	0,211	0,211		0,211	0,211	0,211
Ventanas	6,111	6,111		6,111	6,111	6,111	6,111		6,111	6,111	6,111

Tabla 195: Inversión Aislantes Escenario 3, Coyhaique

		UF/m ² - Talca									
Complejo	Tip 1	Tip 2		Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6		Tip 1*	Tip 2*	Tip 3*
Muros	0,241	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260
Techo	0,248	0,248		0,248	0,223	0,248	0,248		0,248	0,248	0,248
Pisos	0,247	0,247		0,247	0,247	0,247	0,247		0,247	0,247	0,247
Ventanas	6,111	6,111		6,111	6,111	6,111	6,111		6,111	6,111	6,111

Tabla 196: Inversión Completa, Talca

		UF										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Materiales y Mano de Obra		175.950	175.950	175.950	175.950	175.950	175.950	175.950	175.950	175.950	175.950	173.972
Infiltraciones		917	917	917	917	917	917	917	917	917	917	912
Flete		1.271	1.271	1.271	1.271	1.271	1.271	1.271	1.271	1.271	1.271	1.260
Total		178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	176.144

Tabla 197: Inversión Completa, T-PLC

		UF							
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Materiales y Mano de Obra		600.759	600.759	600.759	600.759	600.759	600.759	600.759	599.119
Infiltraciones		2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.613
Flete		9.732	9.732	9.732	9.732	9.732	9.732	9.732	9.713
Total		613.110	613.110	613.110	613.110	613.110	613.110	613.110	611.446

Tabla 198: Inversión Completa, Coyhaique

		UF										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Materiales y Mano de Obra		251.177	251.177	251.177	251.177	251.177	251.177	251.177	251.177	251.177	251.177	252.378
Infiltraciones		701	701	701	701	701	701	701	701	701	701	699
Flete		7.398	7.398	7.398	7.398	7.398	7.398	7.398	7.398	7.398	7.398	7.398
Total		259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	260.475

11.34. Costos

11.34.1. Talca

Tabla 199: Costos Talca, Escenario 1

	UF										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión	91.193	91.193	91.193	91.193	91.193	91.193	91.193	91.193	91.193	91.128	0
Ahorro Combustible	-10.406	-20.811	-31.217	-41.623	-52.028	-62.434	-72.840	-83.245	-93.651	-104.049	-104.049
Electricidad	4.769	9.918	15.473	21.462	27.896	34.812	42.237	50.198	58.722	67.862	70.571
Total	106.368	121.922	137.883	154.277	171.117	188.439	206.270	224.636	243.566	263.039	174.621

Tabla 200: Costos Talca, Escenario 2

	UF										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión	36.795	36.795	36.795	36.795	36.795	36.795	36.795	36.795	36.795	36.769	0
Ahorro Combustible	3.450	6.900	10.350	13.800	17.250	20.700	24.150	27.600	31.050	34.498	34.498
Total	33.345	29.895	26.445	22.995	19.545	16.095	12.645	9.195	5.745	2.271	-34.498

Tabla 201: Costos Talca, Escenario 3

	UF										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	178.139	176.144
Ahorro Combustible	6.302	12.603	18.905	25.207	31.509	37.810	44.112	50.414	56.716	63.017	69.281
Total	171.837	165.535	159.234	152.932	146.630	140.328	134.027	127.725	121.423	115.121	106.863

11.34.2. T-PLC

Tabla 202: Costos T-PLC, Escenario 1

	UF								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Inversión	292.890	292.890	292.890	292.890	292.890	292.890	292.890	292.890	0
Ahorro Combustible	103.555	207.109	310.664	414.219	517.774	621.328	724.883	724.883	
Electricidad	26.071	54.232	84.609	117.329	152.522	190.314	230.914	240.121	
Total	215.406	140.012	66.834	-4.000	-72.362	-138.125	-201.079	-484.762	

Tabla 203: Costos T-PLC, Escenario 2

	UF							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Inversión	143.551	143.551	143.551	143.551	143.551	143.551	143.551	0
Ahorro Combustible	78.020	156.040	234.061	312.081	390.101	468.121	546.142	546.142
Total	65.530	-12.490	-90.510	-168.530	-246.550	-324.571	-402.591	-546.142

Tabla 204: Costos T-PLC, Escenario 3

	UF							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Inversión	613.110	613.110	613.110	613.110	613.110	613.110	613.110	611.446
Ahorro Combustible	112.215	224.430	336.645	448.859	561.074	673.289	785.504	897.493
Total	500.896	388.681	276.466	164.251	52.036	-60.179	-172.394	-286.047

11.34.3. Coyhaique

Tabla 205: Costos Coyhaique, Escenario 1

	UF										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión	38.142	38.142	38.142	38.142	38.142	38.142	38.142	38.142	38.142	38.209	0
Ahorro Combustible	-10.496	-20.992	-31.488	-41.984	-52.481	-62.977	-73.473	-83.969	-94.465	-104.979	-104.979
Electricidad	4.750	9.879	15.412	21.372	27.786	34.677	42.073	50.012	58.504	67.608	70.313
Total	53.388	69.013	85.043	101.498	118.409	135.795	153.687	172.123	191.111	210.796	175.292

Tabla 206: Costos Coyhaique, Escenario 2

	UF										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión	14.122	14.122	14.122	14.122	14.122	14.122	14.122	14.122	14.122	14.146	0
Ahorro Combustible	11.238	22.477	33.715	44.954	56.192	67.431	78.669	89.908	101.146	112.404	112.404
Total	2.883	-8.355	-19.594	-30.832	-42.071	-53.309	-64.548	-75.786	-87.025	-98.258	-112.404

Tabla 207: Costos Coyhaique, Escenario 3

	UF										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	259.276	260.475
Ahorro Combustible	34.001	68.001	102.002	136.002	170.003	204.003	238.004	272.004	306.005	340.005	373.907
Total	225.275	191.275	157.274	123.274	89.273	55.273	21.272	-12.729	-46.729	-80.730	-113.432

11.35. Sensibilidad de las Concentraciones

Figura 45: Sensibilidad Concentraciones Escenario 1, Talca 2023

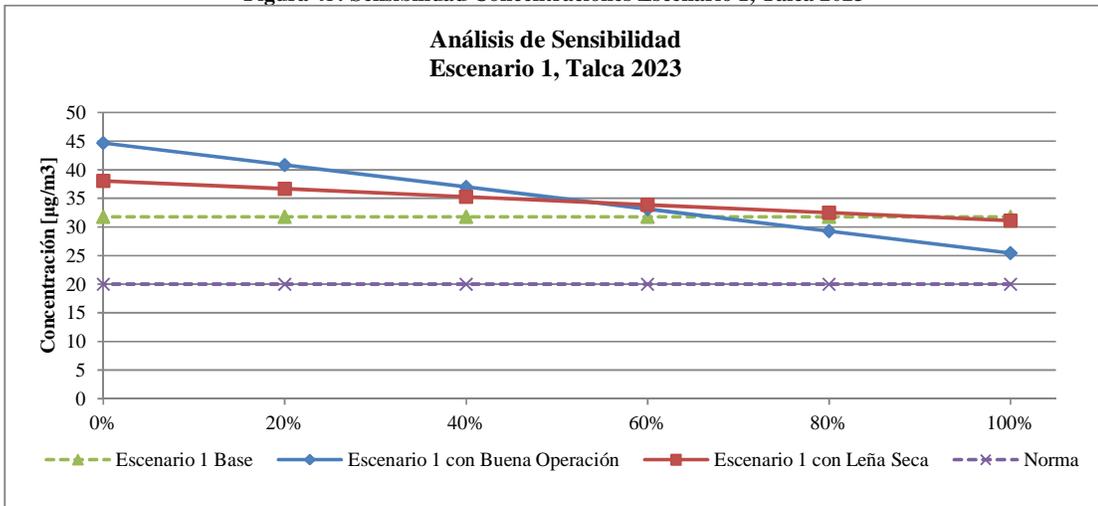


Figura 46: Sensibilidad Concentraciones Escenario 3, Talca 2023

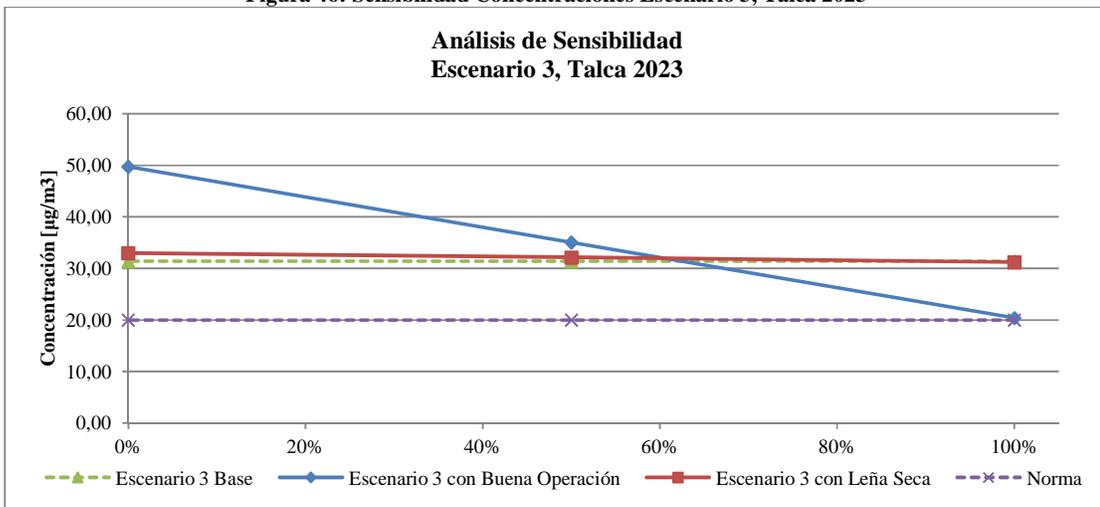


Figura 47: Sensibilidad Concentraciones Escenario 2, T-PLC 2020

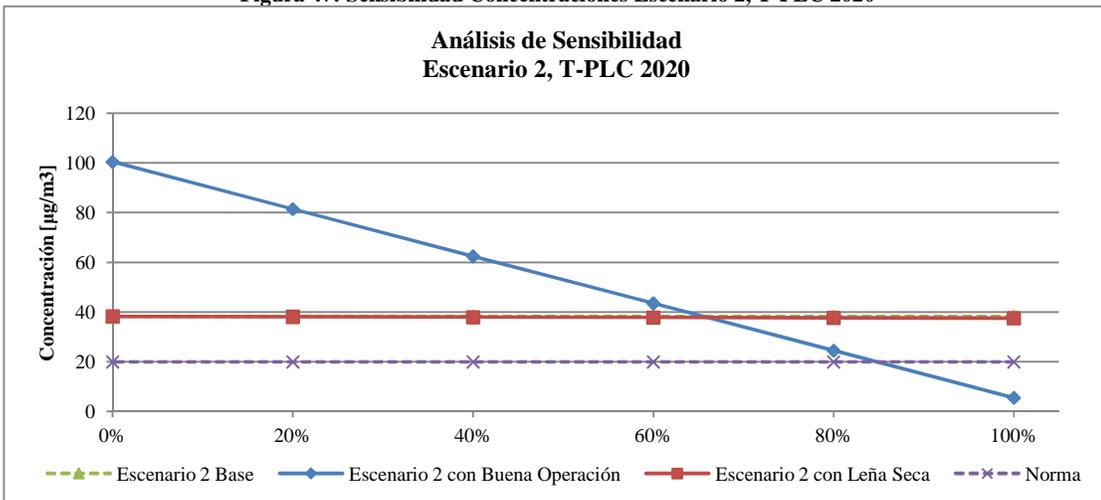


Figura 48: Sensibilidad Concentraciones Escenario 3, T-PLC 2020

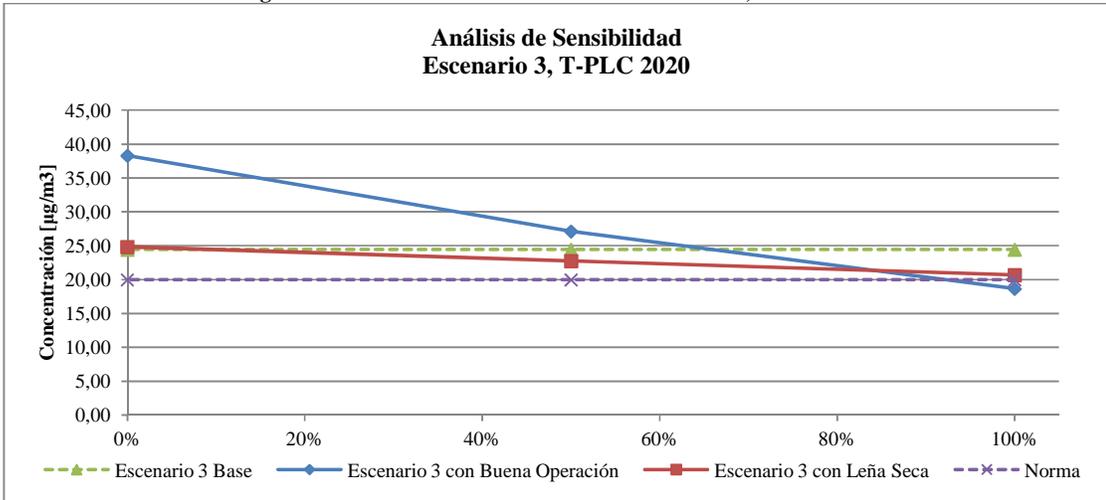
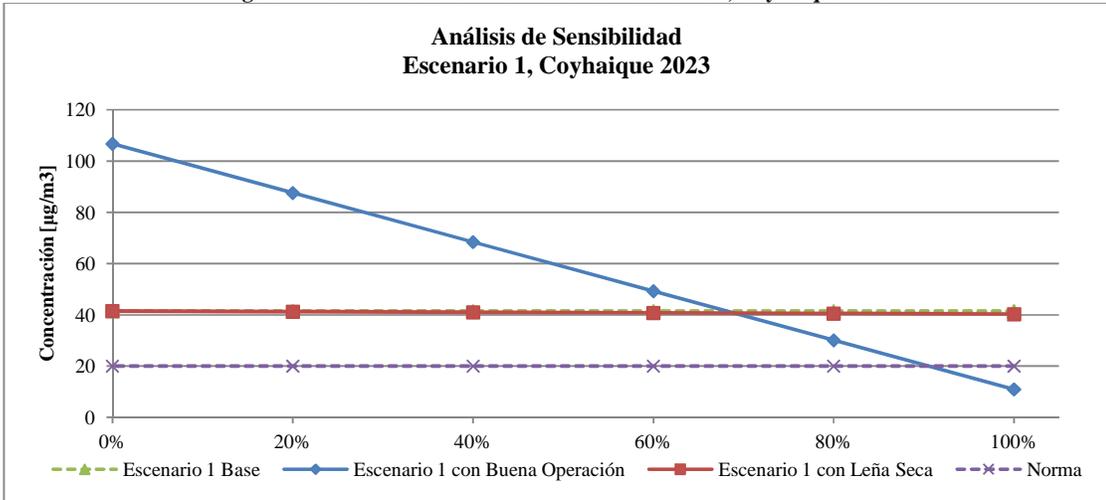


Figura 49: Sensibilidad Concentraciones Escenario 1, Coyhaique 2023



7

Figura 50: Sensibilidad Concentraciones Escenario 3, Coyhaique 2023

