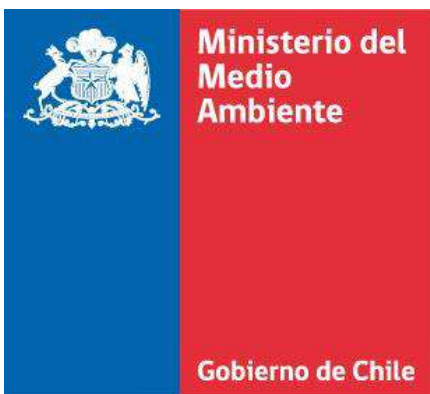




ANÁLISIS ENERGÉTICO DE VIVIENDAS PARA CIUDADES DEL CENTRO Y SUR DE CHILE Y SISTEMATIZACIÓN EN LA INFORMACIÓN ASOCIADA A LA LEÑA

COYHAIQUE

11 diciembre de 2013

Versión Final



Ingeniería

Consultoría

Gestión

Formación

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	15
1. ANTECEDENTES.....	17
1.1 Introducción.....	17
1.2 Objeto	18
2. CONCEPTOS TEÓRICOS	19
2.1 Las viviendas y el balance energético	19
2.2 Conceptos básicos	21
2.3 Reglamentación térmica chilena (RT).....	25
2.4 Zonificación climático - habitacional de Chile	27
2.5 Zonificación Térmica de Chile	29
3. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN.....	31
3.1 Levantamiento de la información	31
4. PROYECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS.....	33
4.1 Proyección de la población de Coyhaique	33
4.2 Proyección de las viviendas de Coyhaique	35
4.3 Caracterización del parque de viviendas de Coyhaique	38
5. CLASIFICACIÓN DEL PARQUE DE VIVIENDAS.....	57
5.1 Clasificación del parque de viviendas	57
5.2 Análisis comparativo con las tipologías propuestas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo	61
5.3 Definición del coeficiente global de transferencia de calor para cada tipología de vivienda definida.....	62

5.4	Proyección del parque de viviendas según la tipología definida	63
6.	GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN	67
6.1	Determinación de la demanda energética de las viviendas.....	68
6.2	Estimación de la demanda energética del parque de viviendas existente y proyectado.....	71
6.3	Determinación del consumo energético teórico de las viviendas	72
6.4	Comparación con consumos de energía de Coyhaique	74
7.	MEDIDAS DE MEJORA DE AISLACIÓN TÉRMICA.....	77
7.1	Medidas de aislación térmica.....	78
7.2	Medidas para cumplir las exigencias de la RT de 2007	81
7.3	Medidas adicionales para viviendas que cumplen con la RT de 2007	91
7.4	Conclusiones.....	101
7.5	Comparación con implementaciones reales de aislación térmica	105
8.	CONSUMO ENERGÉTICO	117
8.1	Caracterización del parque de calefactores y cocinas de leña de Coyhaique	117
8.2	Características técnicas de los nuevos equipos de calefacción y cocina.....	124
8.3	Características técnicas de alternativas de equipos de calefacción y cocción a la combustión de leña	131
8.4	Proyección del parque de calefactores y cocinas entre los años 2013-2025.....	137
9.	SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA LEÑA	145
9.1	Catastro de los puntos de venta de leña en Coyhaique	145
9.2	Costo de los combustibles utilizados en Coyhaique.....	147
9.3	Caracterización de la información de la leña de Coyhaique.....	148
10.	SISTEMATIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	153
10.1	Consumo base de energético residencial para cada combustible	153
10.2	Determinación de costos de combustibles alternativos	158

10.3 Conclusiones.....	162
11. BIBLIOGRAFÍA	163
11.1 Comunicaciones personales	163
11.2 Datos técnicos	163
11.3 Datos teóricos	164
12. ANEXOS	169
12.1 Encuesta enviada a arquitectos y constructores	169
12.2 Arquitectos contactados.....	184
12.3 Características constructivas de las viviendas de Coyhaique.	185
12.4 Proyecciones de población	187
12.5 Proyecciones de viviendas.....	188
12.6 Cálculos de transmitancia, demanda energética y consumo de las viviendas antes de la RT	191
12.7 Cálculos de transmitancia, demanda energética y consumo de las viviendas después de la RT	203
12.8 Determinación de la demanda energética del parque de viviendas según escenario	215
12.9 Determinación del consumo energético del parque de viviendas según escenario	218
12.10 Cálculos de medidas para adaptar viviendas que no cumplan RT a que la cumplan.....	221
12.11 Costos y características de los nuevos materiales	228
12.12 Cálculos de medidas para adaptar viviendas a cumplir la “Modificación” de la R.T.	239

TABLAS

Tabla 1. Transmitancia térmica lineal según la aislación del piso NCh853	23
Tabla 2. Renovaciones de aire.....	25
Tabla 3. Exigencias mínimas de R_T y U	26
Tabla 4. Zonas climático-habitacional de las ciudades de estudio	28
Tabla 5. Grados-día anuales por zona térmica.....	29
Tabla 6. Evolución y proyección futura de la población en Coyhaique.	34
Tabla 7. Escenarios de proyección de las viviendas en Coyhaique.	37
Tabla 8. Número de pisos según tipología de viviendas en Coyhaique	39
Tabla 9. Año de construcción de viviendas en Coyhaique	40
Tabla 10. Metros cuadrados en función de número de pisos y tipología de viviendas en Coyhaique.....	42
Tabla 11. Ventilación inferior en función de la tipología de viviendas en Coyhaique	43
Tabla 12. Clasificación de la población en función de su estrato socioeconómico	54
Tabla 13. Comparativa con tipologías del MINVU	62
Tabla 14. Valores de G_{v1} para cada tipología de vivienda.....	63
Tabla 15. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario base.....	64
Tabla 16. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario optimista	65
Tabla 17. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario pesimista	66
Tabla 18. Valores de Q para viviendas construidas antes de 2007.....	69
Tabla 19. Valores de Q para viviendas construidas después de 2007	69
Tabla 20. Ahorros de Q tras implementar las exigencias mínimas de la RT de 2007	70
Tabla 21. Estimación de la demanda del parque de viviendas proyectado.....	71
Tabla 22. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado	73

Tabla 23. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado en Coyhaique a partir de la transmitancia (2013).....	75
Tabla 24. Medidas de aislación térmica de la envolvente	78
Tabla 25. Características de las medidas de aislación térmica de la envolvente	79
Tabla 26. Compatibilidad de las medidas propuestas	80
Tabla 27. Compatibilidad de las medidas propuestas con la tipología de vivienda.....	80
Tabla 28. Exigencias mínimas de U y R_T según la RT de 2007, para la zona térmica 7	81
Tabla 29. Espesor mínimo de lana de vidrio en techumbre para cumplir la RT de 2007	82
Tabla 30. Ahorro de C. Medida 1	83
Tabla 31. Costos. Medida 1	83
Tabla 32. Evaluación. Medida 1	84
Tabla 33. Sistema de aislamiento térmico del piso para cumplir la RT de 2007	85
Tabla 34. Ahorro de C. Medida 2	85
Tabla 35. Costos. Medida 2	86
Tabla 36. Evaluación. Medida 2	86
Tabla 37. Espesor mínimo de aislante de muros en viviendas. RT de 2007	88
Tabla 38. Ahorro de C. Medida 3	88
Tabla 39. Costos. Medida 3	89
Tabla 40. Evaluación. Medida 3	89
Tabla 41. Ahorro de C. Suma de ahorros individuales de medidas 1, 2 y 3	90
Tabla 42. Ahorro de C. Ahorro conjunto de medidas 1, 2 y 3	90
Tabla 43. Ahorro de C. Medida 4	91
Tabla 44. Costos. Medida 4	92
Tabla 45. Evaluación. Medida 4	92

Tabla 46. Ahorro de C. Medida 5	93
Tabla 47. Costos. Medida 5	93
Tabla 48. Evaluación. Medida 5	94
Tabla 49. Ahorro de C. Medida 6	95
Tabla 50. Costos. Medida 6	95
Tabla 51. Evaluación. Medida 6	96
Tabla 52. Ahorro de C. Medida 7	96
Tabla 53. Costos. Medida 7	97
Tabla 54. Evaluación. Medida 7	97
Tabla 55. Costos. Medida 8	98
Tabla 56. Evaluación. Medida 8	99
Tabla 57. Costos. Medida 9	100
Tabla 58. Evaluación. Medida 9	100
Tabla 59. Tabla resumen de las medidas propuestas	102
Tabla 60. Priorización de medidas en función del PRS (años)	103
Tabla 61. Baremos en función del costo/m ²	104
Tabla 62. Priorización de medidas en función de la factibilidad	105
Tabla 63. Compatibilidad de tipologías con estudio del MINVU	107
Tabla 64. Comparativa de las transmitancias y costos – cielo	108
Tabla 65. Comparativa de las transmitancias y costos – muros	108
Tabla 66. Comparativa de las transmitancias y costos – ventanas	109
Tabla 67. Zonificación climática.	110
Tabla 68. Transmitancia térmica U en Muros.	111

Tabla 69. Espesor mínimo de aislante en muros. RT (modificación)	112
Tabla 70. Ahorro de C. Medida 3. RT (modificación).....	113
Tabla 71. Costos. Medida 3 para casas de madera. RT (modificación)	113
Tabla 72. Evaluación. Medida 3. Anteriores al R.T. (modificación)	114
Tabla 73. Potencial de Ahorro Energético. Medida 3. Anteriores al R.T. (modificación)	114
Tabla 74. Época de compra de leña para cocina.....	121
Tabla 75. Baremos de eficiencia en función del rendimiento	125
Tabla 76. Características de los equipos de calefacción a la venta actualmente	126
Tabla 77. Características de los equipos de cocina a la venta actualmente	129
Tabla 78. Alternativas a equipos actuales de calefacción y cocción	134
Tabla 79. Alternativas a equipos actuales de calefacción y cocción	136
Tabla 80. Número de equipos de calefacción según m ² de viviendas	137
Tabla 81. Número de equipos de calefacción 2013-2025	138
Tabla 82. Porcentaje de artefactos de leña	138
Tabla 83. Porcentaje de equipos según combustible en escenario optimista	139
Tabla 84. Proyección del parque de calefactores y cocinas en el escenario optimista.....	141
Tabla 85. Porcentaje de equipos según combustible en escenario pesimista	142
Tabla 86. Proyección del parque de calefactores y cocinas en el escenario pesimista	143
Tabla 87. Catastro de puntos de venta de leña.	146
Tabla 88. Costos de los combustibles para la zona térmica 7.....	147
Tabla 89. Respuestas a las encuestas a leñeras en Coyhaique	149
Tabla 90. Consumo de leña en Coyhaique.....	151
Tabla 91. Consumo base de energéticos en Coyhaique	153

Tabla 92. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa que cumple la normativa de emisiones DS N°39	158
Tabla 93. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa de pellets ..	159
Tabla 94. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa de parafina	160
Tabla 95. Ahorros derivados de sustitución de estufa simple por estufa eléctrica	160
Tabla 96. Ahorros derivados de sustitución de cocina de GLP por cocina de GN	161
Tabla 97. Ahorros derivados de sustitución de cocina de leña estándar por cocina de leña A++ .	161
Tabla 98. Ahorros derivados de la sustitución de equipos	162
Tabla 99. Arquitectos consultados	184
Tabla 100. Características constructivas de las viviendas de Coyhaique	185
Tabla 101. Proyección de la población 2013-2025	187
Tabla 102. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario base	188
Tabla 103. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario optimista.....	189
Tabla 104. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario pesimista.....	190
Tabla 105. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de madera de 1 piso antes de RT	191
Tabla 106. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de madera de 2 pisos antes de RT	193
Tabla 107. Determinación de U, Q y C de una vivienda fila de madera de 1 piso antes de RT	195
Tabla 108. Determinación de U, Q y C de una vivienda fila de madera de 2 pisos antes de RT ...	197
Tabla 109. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de madera de 1 piso antes de RT	199
Tabla 110. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de madera de 2 pisos antes de RT	201
Tabla 111. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de madera 1 piso después de RT .	203
Tabla 112. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de madera de 2 pisos después de RT	205
Tabla 113. Determinación de U, Q y C de la vivienda fila de madera de 1 piso después de RT ...	207
Tabla 114. Determinación de U, Q y C de la vivienda fila de madera de 2 pisos después de RT .	209

Tabla 115. Determinación de U, Q y C de la pareada de madera de 1 piso después de RT.....	211
Tabla 116. Determinación de U, Q y C de la pareada de madera de 2 pisos después de RT	213
Tabla 117. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario base	215
Tabla 118. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario optimista.....	216
Tabla 119. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario pesimista	217
Tabla 120. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario base	218
Tabla 121. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario optimista.....	219
Tabla 122. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario pesimista	220
Tabla 123. Cálculos. Medida 1.....	221
Tabla 124. Cálculos. Medida 2.....	221
Tabla 125. Cálculos. Medida 3.....	222
Tabla 126. Cálculos. Medida 4.....	222
Tabla 127. Cálculos. Medida 5.....	223
Tabla 128. Cálculos. Medida 6.....	224
Tabla 129. Cálculos. Medida 7.....	225
Tabla 130. Cálculos. Medida 8.....	226
Tabla 131. Cálculos. Medida 9.....	226
Tabla 132. Costos y características de los materiales.....	228
Tabla 133. Cálculos. Medida 3 en viviendas anteriores a la R.T. 2007 (modificación RT)	239
Tabla 134. Cálculos. Medida 3 en viviendas posteriores a la R.T. 2007 (modificación RT)	240

GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolución y proyección futura de la población en Coyhaique	34
Gráfico 2. Tipologías de viviendas en Coyhaique	39
Gráfico 3. Año de construcción de las viviendas según geometría del hogar en Coyhaique	41
Gráfico 4. Materialidad de las viviendas en Coyhaique, anteriores al 2007	44
Gráfico 5. Materialidad según tipo de viviendas en Coyhaique	44
Gráfico 6. Aislantes de los muros en Coyhaique, previo a 2007	45
Gráfico 7. Aislantes de los muros antes del 2007 según el tipo de vivienda	45
Gráfico 8. Materialidades de los muros en Coyhaique, después de 2007	46
Gráfico 9. Aislantes de los muros en Coyhaique, después de 2007	47
Gráfico 10. Tipología de techos en Coyhaique	47
Gráfico 11. Aislantes de los muros en Coyhaique, después de 2007	48
Gráfico 12. Aislantes de los cielos en Coyhaique, antes de 2000	49
Gráfico 13. Aislante de cielo de las viviendas construidas antes del 2000 según geometría del hogar en Coyhaique. Fuente: Ministerio de Energía 2010	49
Gráfico 14. Aislantes de los cielos en Coyhaique, entre 2000-2007	50
Gráfico 15. Aislantes de los cielos por tipo de vivienda en Coyhaique, después de 2007	51
Gráfico 16. Aislantes de los cielos en Coyhaique, después de 2007	51
Gráfico 17. Marcos de las ventanas en Coyhaique, antes de 2007	52
Gráfico 18. Marcos de las ventanas en Coyhaique, después de 2007	53
Gráfico 19. Distribución socioeconómica de Coyhaique	55
Gráfico 20. Nivel socioeconómico en Coyhaique según tipo de vivienda	55
Gráfico 21. Demanda energética en Coyhaique antes y después de 2007	70
Gráfico 22. Evolución de la demanda energética en Coyhaique según escenario	72

Gráfico 23. Evolución del consumo energético en Coyhaique según escenario	74
Gráfico 24. Evolución de la transmitancia en función del espesor del aislante del cielo	84
Gráfico 25. Evolución de la transmitancia en función del espesor del muro	87
Gráfico 26. Comparativa de transmitancias térmicas según RT	111
Gráfico 27. Relación calefacción y cocinas.....	118
Gráfico 28. Antigüedad de las cocinas.....	118
Gráfico 29. Marcas más usadas de cocinas.	119
Gráfico 30. Estado de las cocinas según la antigüedad.	120
Gráfico 31. Gasto en leña según la edad de la cocina	120
Gráfico 32. Tipos de calefacción más utilizados.	121
Gráfico 33. Antigüedad de los equipos de calefacción.	122
Gráfico 34. Marcas de equipos de calefacción más utilizadas.	122
Gráfico 35. Estado del equipo de calefacción según antigüedad	123
Gráfico 36. Gasto en leña según la antigüedad del equipo de calefacción.....	123
Gráfico 37. Factores que afectan al costo de los combustibles.....	148
Gráfico 38. Consumo de GLP anual según uso y nivel socioeconómico.	154
Gráfico 39. Consumo de electricidad anual según uso y nivel socioeconómico.	155
Gráfico 40. Consumo de leña anual según uso y nivel socioeconómico.....	156
Gráfico 41. Consumo de parafina anual según nivel socioeconómico.	157
Gráfico 42. Consumo de carbón anual según nivel socioeconómico.	157

FIGURAS

Figura 1. Mecanismos de transmisión de calor en una vivienda	20
Figura 2. Zonificación climática de Chile.....	27

RESUMEN EJECUTIVO

Mejorar la calidad del aire en los centros urbanos es una de las principales prioridades del gobierno chileno en materia ambiental. A lo largo del país se han realizado distintos diagnósticos ambientales, con el fin de desarrollar medidas para la reducción de la contaminación, derivada entre otros, de la combustión de la leña. En ese sentido, y debido a que gran parte de la energía consumida en Coyhaique depende de la leña, dicha ciudad ha sido declarada “zona saturada de contaminante particulado fino (PM_{2,5})”

El objeto principal del presente estudio es determinar el análisis energético del parque de viviendas de Coyhaique, y a partir de los resultados obtenidos, identificar aquellos puntos donde es más indicado aplicar medidas de aislamiento térmico para reducir el consumo energético y por ende, el de la leña.

Los datos utilizados provienen de la encuesta “Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile” (Ministerio de Energía 2010), de los permisos de edificación para los años 2011 y 2012 proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y de una encuesta elaborada por CreaRa enviada a los arquitectos y constructores de la zona de estudio.

Se han comparado los consumos de energía de acuerdo a tipo de agrupación de vivienda (casa aislada, casa pareada y casa fila), así como nivel socioeconómico. Se ha observado que las viviendas con más consumo energético son las viviendas aisladas de 1 y 2 pisos. En el otro lado, las viviendas que menos consumen son las viviendas en fila. A nivel socioeconómico, se observan diferencias notables en cuanto a consumo de energía se refiere. El grupo que más energía consume es el ABC1, mientras que el que menos es el C3.

Con el fin de proponer una serie de medidas de ahorro térmico primarias, luego de conocer los consumos energéticos de cada tipología de vivienda, se ha determinado el mismo consumo en el caso de que la vivienda cumpliera las exigencias mínimas establecidas para el aislamiento térmico en la Reglamentación Térmica de 2007, y se ha estimado un ahorro medio del 22%. Las medidas relacionadas con la envolvente térmica se caracterizan por tener un costo muy variado, y en los casos de estudio, el tiempo que tarda en recuperarse la inversión, también conocido como periodo de retorno simple (PRS) varía entre varios meses y 100 años. En el caso de aquellas viviendas que cumplen con lo establecido en la Reglamentación Térmica de 2007, se han propuesto medidas de cambio de ventanas por otras con menor transmisividad térmica, instalación de ventana de doble marcos, instalación de cortinas *blackout*, sellado de infiltraciones y aislamiento de tuberías y conducciones de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción.

Se considera necesario remarcar que en Coyhaique, aproximadamente un 91% de la energía consumida, proviene de la madera, y en particular de la especie Lenga. Por ello, los ahorros económicos y energéticos se han calculado en función de esa especie.

Posteriormente se ha hecho una evaluación de las medidas planteadas, y se han priorizado para cada tipo de vivienda en función del periodo de retorno simple (PRS) y de la factibilidad de ser implementadas. En relación al costo de implementación de la medida y el ahorro generado por ella, en la mayor parte de las viviendas se observa que el sellado de infiltraciones es la medida más rentable ya que el costo es bajo y los ahorros derivados de esta medida son muy elevados, seguido por la instalación de cortinas *blackout* y la adición de aislante en techumbres. En la mayoría de los casos, la que tendrá un periodo de retorno simple mayor es la aislación del piso de la vivienda para que cumpla con la actual Reglamentación Térmica.

Como se comentó anteriormente, la normativa vigente en la actualidad es la Reglamentación Térmica de 2007, pero se prevé que a lo largo del último trimestre de 2013 se publique una modificación de la misma. En este estudio se ha querido analizar la adaptabilidad de esta nueva normativa a las viviendas de Coyhaique, y se ha hecho una comparación tanto con la RT de 2007 como con el Código Técnico de la Edificación español.

Luego de este punto se ha hecho un análisis de la información en relación a la oferta de leña utilizada para la calefacción y cocción en Coyhaique, y a partir de las ventas anuales de leñeras certificadas, se ha llegado a la conclusión de que cerca de un 70% de las leñeras de esta ciudad son no certificadas.

Por último, se ha estudiado el consumo base de combustibles de Coyhaique en función del uso y del nivel socioeconómico, y se ha cuantificado el gasto en combustibles alternativos teniendo en cuenta el rendimiento de cada equipo. Se ha observado que la única sustitución recomendable es la de cambio de estufa convencional por estufa que cumpla la actual normativa de emisiones DS N°39 del Ministerio de Medio Ambiente, (publicada en 2012 y promulgada en 2011).

1. ANTECEDENTES

1.1 Introducción

Un plan de descontaminación ambiental (PDA) es un instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona saturada (aquella en la que las normas de calidad ambiental se han sobrepasado). Un Plan de Prevención Ambiental (PPA), por su parte, es un instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad evitar la superación de una o más normas de calidad ambiental primaria o secundaria, en una zona latente (aquella en la que la medición de la concentración de contaminantes en aire, agua o suelo está entre el 80% y el 100% de la norma de calidad ambiental). El reglamento que fija el procedimiento y las etapas para establecer Planes de Prevención o Descontaminación se encuentra señalado en el DS N° 39, promulgado en 2012 y publicado en 2013 del Ministerio de Medio Ambiente.

Actualmente ya han sido declaradas “zona saturada por concentración de material particulado grueso (MP10)” las ciudades de Rancagua, Talca-Maule, Concepción, Temuco y Padre Las Casas, la zona circundante a Tocopilla, Coyhaique y su zona circundante, Osorno y el Valle Central de la VI Región. En el año 2012 entró en vigor la normativa para material particulado fino (MP2,5), habiéndose declarado ya zona saturada, Osorno, Temuco y Padre Las Casas para este contaminante en diversas ciudades de Chile.

Luego de que las zonas sean declaradas saturadas o latentes, comenzará el proceso de elaboración de un anteproyecto de PDA o PPA, según corresponda, que deberá contar con un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) como requiere la ley.

Distintos estudios concluyen que el sector residencial es el principal causante de las emisiones de MP en la zona centro y sur del país, debido principalmente al uso de leña como combustible para la calefacción y cocción. Por ello, contar con información acabada y actualizada de las variables que influyen en la demanda energética de las viviendas y su comportamiento, incide directamente en la confiabilidad de los resultados obtenidos en el AGIES.

Las ciudades que se van a analizar en el presente estudio corresponden a las priorizadas por el MMA para el presente año, que corresponden a Osorno, Chillán, Coyhaique y Valdivia.

Con todo lo mencionado, este estudio pretende ser una fuente de información relevante para las políticas públicas y evaluaciones de los planes de descontaminación de las ciudades del centro y sur de Chile, y al mismo tiempo, ser una herramienta de evaluación que permita al MMA realizar análisis comparativos entre las ciudades más contaminadas del país, y posteriormente, evaluar la efectividad de las políticas públicas implementadas con los años.

1.2 Objeto

El Primer Informe de Avance se centró en la recopilación, levantamiento y análisis energético según el potencial de aislación térmica, del parque de viviendas de Coyhaique. Los puntos a considerar fueron:

- Recopilación de la información del número de viviendas y proyección 2013-2025
- Caracterización del parque existente de viviendas
- Clasificación del parque de viviendas y definición del coeficiente global de transferencia de calor para cada tipología definida
- Proyección del parque de viviendas según tipología entre 2013-2025
- Determinación de la demanda energética de cada hogar y estimación de la demanda del parque de viviendas proyectado 2013-2025
- Determinación del consumo teórico y comparación con consumos reales de la zona
- Determinación, evaluación y priorización de medidas de mejora de aislaciones térmicas
- Comparación de resultados con implementaciones reales
- Comparación y ajuste de resultados con datos recopilados por el Ministerio de Medio Ambiente

El Segundo Informe de Avance, estuvo focalizado en recopilar, levantar y sistematizar la información relativa a:

- Los equipos de calefacción y cocción utilizados
- La oferta de la leña y las características de los combustibles utilizados para calefacción y cocción
- El consumo energético de la ciudad

El Informe Final recoge todas las componentes explicadas anteriormente aunándolas en un único informe, para dar cumplimiento a lo solicitado en las bases técnicas.

2. CONCEPTOS TEÓRICOS

2.1 Las viviendas y el balance energético

A través de la envolvente térmica de la vivienda se producen fenómenos de transferencia y almacenamiento de calor, que hacen que la temperatura de la vivienda aumente o disminuya. Para garantizar los valores de temperatura considerados confort, las viviendas de Coyhaique disponen de sistemas de generación de calor.

El calor se presenta como calor sensible y calor latente. El primero representa el potencial de transmisión de calor de un cuerpo a otro, y se asocia al aumento o disminución de la vibración existente en las partículas de un cuerpo. El segundo está asociado a la energía necesaria para que se genere un cambio de estado en la materia.

En una vivienda, dicho calor puede transmitirse de varias maneras. La más significativa es debida al intercambio de aire entre el interior y el exterior de la misma. En el caso de Coyhaique, por lo general la temperatura exterior es menor que la interior, por lo que tiende a generarse una pérdida de calor en favor del ambiente más frío. Es por ello que es tan importante aplicar medidas de aislación térmica que eviten dicho flujo.

Por otro lado, en una vivienda también se producen ganancias de calor, observándose dos tipos principales: uno por la incidencia del sol sobre la envolvente de la vivienda y otro debido al aporte de los usuarios y los equipos de las casas.

De todo ello se obtiene que el balance de energía de una vivienda está definido por la siguiente ecuación:

$$Q_i + Q_s \pm Q_v \pm Q_a \pm Q_m = 0$$

Donde:

Q_i = Ganancias internas

Q_s = Ganancias solares

Q_v = Pérdidas o ganancias de calor por intercambio de aire interior y exterior

Q_a = Pérdidas o ganancias debidas a elementos opacos de la vivienda

Q_m = Pérdidas o ganancias por sistemas de climatización

A continuación se muestra un esquema en el que se observan los mecanismos típicos de transmisión de calor en una vivienda.

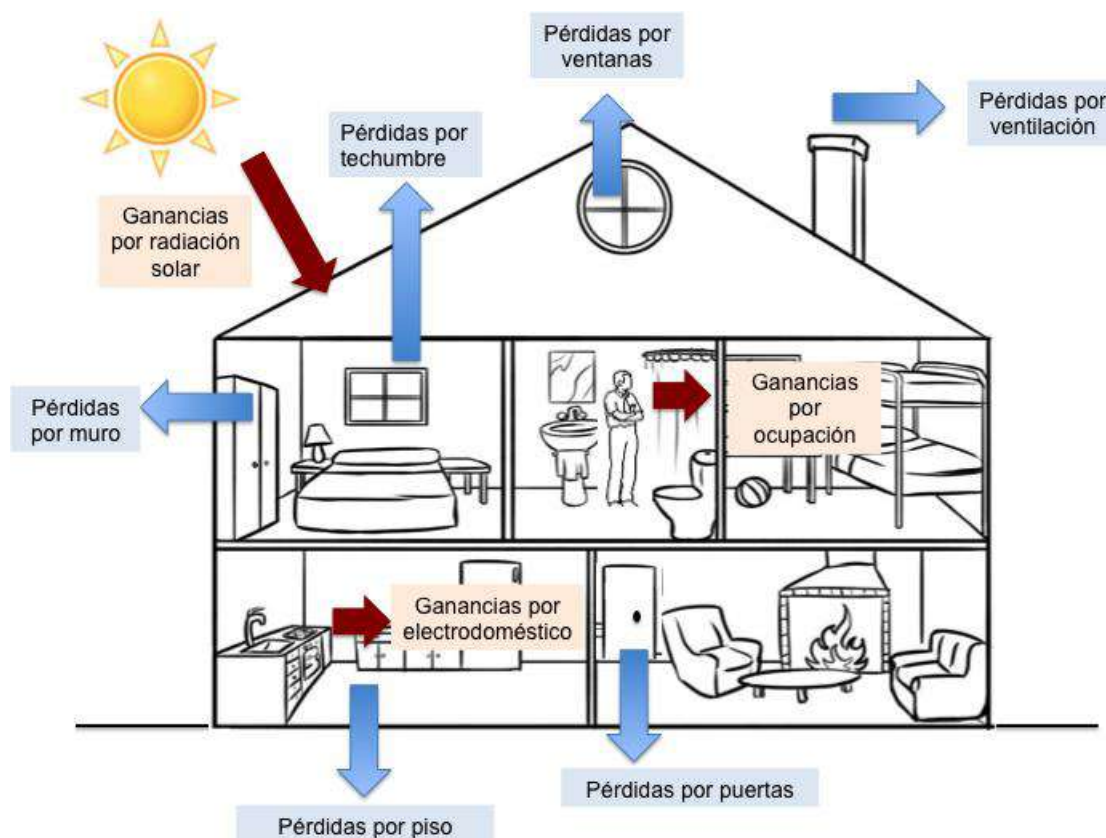


Figura 1. Mecanismos de transmisión de calor en una vivienda

Fuente: Creara

2.2 Conceptos básicos

En este punto se aclararán los conceptos necesarios para llevar a cabo el presente estudio. Dichas definiciones provienen de distintas normas chilenas y del Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica .

Complejo constructivo: Elementos constructivos que en su conjunto constituyen una parte de una vivienda.

Elemento constructivo: Complejos constructivos dimensionados y colocados correctamente, que en conjunto permiten que dicho elemento constructivo cumpla una función determinada.

Aislamiento térmico: es la capacidad de un material o de un conjunto de los mismos de oponerse al paso de calor.

Conductividad térmica (λ): Se define como la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto. Es decir, la conductividad térmica es la capacidad para conducir el calor de un determinado material. Se mide en [W/mK] y su valor está determinado experimentalmente en las normas chilenas.

Envolvente térmica de un edificio: son todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior, aire o terreno u otro edificio, a través de los cuales se produce un flujo térmico.

Resistencia térmica (R): es la capacidad del material de oponerse al paso del calor. Se expresa en [m²K/W] y se distinguen los siguientes casos:

Resistencia térmica de una capa material (R): La resistencia térmica viene dada por la siguiente expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Donde:

e: espesor del material

Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada, (R_g): se define como la resistencia térmica que presenta una masa de aire confinada.

Resistencia térmica total (R_T): es la resistencia térmica de un elemento constructivo formado un conjunto de capas de distintos materiales.

$$R_T = \sum_i R_i = \sum_i \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{si} + R_{se} + \sum_i R_{ai}$$

Donde:

$\sum_i \frac{e_i}{\lambda_i}$: Sumatorio de las resistencias térmicas de los materiales que forman el elemento constructivo

R_{se} : Resistencia térmica superficial exterior

R_{si} : Resistencia térmica superficial interior

$\sum_i R_{ai}$: Resistencia térmica de las capas de aire que posee el elemento constructivo

R100: es un término definido en la norma chilena NCh 2251 como la resistencia térmica que presenta un determinado material o elemento de construcción multiplicado por 100. Se expresa en m²K/W.

Transmitancia térmica o coeficiente global de transferencia de calor (U): es el flujo de calor que pasa por unidad de superficie de un elemento o material constructivo, por tiempo y por diferencia de temperatura entre los dos ambientes que separa dicho elemento. Se expresa en W/m²K.

$$R_T = \frac{1}{U}$$

Cuanto menor sea el valor de la transmitancia térmica, menor será el traspaso de energía entre ambas caras del material y por tanto mejor las capacidades aislantes del elemento constructivo.

Transmitancia térmica lineal (K_L): es el flujo de calor que atraviesa un elemento perimetral por unidad de longitud y por grado de diferencia de temperatura. Se expresa en W/mK. La norma chilena NCh 853 asigna una K_L en función de la aislación del piso:

Tabla 1. Transmitancia térmica lineal según la aislación del piso NCh853

Aislación del piso	K_L [W/mK]
Piso corriente	1,4
Piso medianamente aislado	1,2
Piso aislado	1,0

Fuente: Norma NCh 853 Of.2007

Coefficiente volumétrico global de pérdidas térmicas (G_{V1}): Es el flujo térmico que se transmite a través de la envolvente del edificio referido a la unidad de volumen, teniendo en cuenta la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la vivienda. Se mide en W/m^3K .

$$G_{V1} = \frac{\sum_i U_i A_i + K_L L}{V}$$

Donde:

- U_i : Transmitancias térmicas de los complejos constructivos que forman parte de la envolvente térmica [W/m^2K].
- A_i : Superficie de todos los complejos constructivos que forman parte de la envolvente térmica [m^2].
- K_L : Transmitancia térmica lineal [W/mK].
- L : Perímetro de la vivienda [m].
- V : Volumen que encierra la envolvente de la vivienda [m^3].

Coefficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales (G_{V2}): Es el flujo térmico total de un edificio que se transmite por los intercambios de aire y por la envolvente, Está referido al volumen y a la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la vivienda. Se mide en W/m^3K .

$$G_{V2} = G_{V1} + 0,35n$$

Donde:

- n : Se define como la pérdida de calor de un recinto por renovación del aire interior.

Demanda de energía en calefacción (Q): Hace referencia al gasto anual de energía en una vivienda. Se expresa en kWh/año.

$$Q = \frac{G_{V2} * GD * 24 * V}{1000}$$

Donde:

GD: Grados-día al año [K]. Se define como la diferencia de la temperatura fijada como base (15°C) y la media horaria de la temperatura del aire exterior.

Consumo energético de calefacción (C): Hace referencia a la demanda energética en calefacción por el rendimiento del sistema de calefacción.

Grados día: Es la diferencia de la temperatura fijada como base y la media horaria de la temperatura del aire exterior. El concepto de “temperatura base” es la temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de los requerimientos de calefacción con los cuales se obtiene el confort térmico y varía entre los 12°C y los 18°C según el uso del edificio y diversas consideraciones de ganancias térmicas. Sin embargo, no se debe confundir el concepto de temperatura base con el de temperatura confort, que es la temperatura óptima para vivir y está en torno a 20°C. Los Grados Día de calefacción requeridos para lograr el confort térmico, con una temperatura base de 15°C, aumentan a medida que la vivienda se ubica más al sur.

Velocidad del viento: El intercambio de aire entre el interior y el exterior de la vivienda produce pérdidas de calor. El caudal de aire que se intercambie dependerá de la velocidad del viento que actúa sobre los elementos de la envolvente de la vivienda y de la calidad de los cerramientos.

La norma chilena NCh 853 estipula que en aquellas ciudades en las que la velocidad del viento supere los 10 km/h anuales, la resistencia térmica superficial exterior (R_{se}) tendrá el valor 0.

Renovaciones de aire: Las renovaciones de aire representan la cantidad de aire que entra en los distintos espacios de una vivienda, debido principalmente a dos factores:

1. Ventilación mecánica o natural
2. Infiltraciones por defecto de obra (estanqueidad de carpinterías, fisuras en los elementos constructivos, conductos sin sellar, etc.)

Debido a que la tasa de renovación de aire es un factor que depende de variables muy específicas como número de ocupantes de la casa, costumbres, número de estancias, etc., es complicado determinar un valor medio válido para todas las tipologías de vivienda y zonas térmicas, por lo que se estimará un valor que trate de dar respuesta a todas las tipologías de viviendas de cada ciudad.

Para ello se han tenido en cuenta los valores de renovaciones de aire por hora que ofrece el software CCTE chileno (Certificación de Comportamiento Térmico para Edificios). En este caso es de 1 renovación/hora, ya que presupone que toda la ventilación es natural.

Por otro lado, el “Manual de diseño para soluciones en edificaciones de la CChC” da las siguientes recomendaciones:

Tabla 2. Renovaciones de aire

	Renovaciones de aire [1/h]
Dormitorio	0,5 - 1
Living	3 - 5
Comedor	3 - 5
Cocina	5 - 10
Baño de casa	5 - 15

Fuente: Manual de diseño para soluciones en edificaciones de la CChC

2.3 Reglamentación térmica chilena (RT)

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (en adelante MINVU), definió en 1994 un programa cuyo fin era establecer progresivamente requisitos de acondicionamiento térmico de viviendas. Dicho programa contemplaba varias etapas que modificarían la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.)

En el año 2000 dio comienzo la primera etapa, en la cual se definieron las características mínimas que debería tener la techumbre de una vivienda. Con ello se mejoró notablemente el comportamiento térmico de los hogares, en especial en periodos de invierno.

La segunda etapa que establecía exigencias térmicas en muros, pisos ventilados y ventanas en función de la zona térmica en la que se encontrase la vivienda, se adoptó en 2007 y a día de hoy sigue vigente.

Para aplicar la normativa se dividió el territorio chileno en siete zonas climáticas, estableciendo para cada una de ellas distintas exigencias de aislamiento térmico en la construcción de viviendas. Coyhaique se encuentra en la zona climática 7.

Para que las viviendas de nueva obra o rehabilitadas cumplan con la RT de 2007, es necesario elegir los materiales de construcción en función de su conductividad térmica y de la ubicación de la vivienda. Por ejemplo, en las ciudades situadas al norte de Chile las exigencias mínimas de construcción son menos restrictivas porque el clima así lo permite, por lo que se pueden utilizar materiales con una conductividad térmica mayor. En el sur del país las restricciones son mayores, por lo que se tendrán que usar materiales con una conductividad térmica menor.

En el artículo 4.1.10. de la O.G.U.C., se establecen las exigencias mínimas de acondicionamiento térmico de techumbre, muros perimetrales y pisos.

Tabla 3. Exigencias mínimas de R_T y U

	Techumbre		Muros		Pisos ventilados	
	U [W/m^2K]	RT [m^2K/W]	U [W/m^2K]	RT [m^2K/W]	U [W/m^2K]	RT [m^2K/W]
Zona 1	0,84	1,19	4,00	0,25	3,60	0,28
Zona 2	0,6	1,67	3,00	0,33	0,87	1,15
Zona 3	0,47	2,13	1,90	0,53	0,70	1,43
Zona 4	0,38	2,63	1,70	0,59	0,60	1,67
Zona 5	0,33	3,03	1,60	0,63	0,50	2,00
Zona 6	0,28	3,57	1,10	0,91	0,39	2,56
Zona 7	0,25	4,00	0,60	1,67	0,32	3,13

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

Anteriormente se mencionó que la RT de 2007 hacía referencia a las ventanas. En este caso establece un porcentaje máximo que dependerá de las superficies interiores de los muros perimetrales, y del tipo de vidrio que se utilice.

Además de evitar pérdidas por los flujos térmicos, mediante el cumplimiento de la RT se asegura que no se produzca condensación superficial en la vivienda, la cual afecta principalmente a la aislación térmica de los materiales que conforman los muros y los techos. Al humedecerse los materiales, los poros intersticiales se llenan de agua, que tiene una conductividad térmica mucho mayor que la del aire, por lo que el aislamiento térmico de la vivienda empeora considerablemente.

2.4 Zonificación climático - habitacional de Chile

La norma NCh 1079 establece la zonificación climático – habitacional chilena, teniendo en cuenta los factores latitudinales y transversales que se dan a lo largo del amplio territorio del país. De acuerdo con esta norma, Chile posee 9 zonas climáticas formadas por extensiones de territorio con variables climáticas y meteorológicas similares. Estas 9 zonas son:

Norte Litoral: territorio comprendido desde el límite con el Perú hasta el límite norte de la comuna de la Ligua, ocupando la franja costera al lado occidental de la Cordillera de la Costa. Se caracteriza por ser una zona desértica con influencia costera, y por un terreno húmedo y salino. La temperatura diaria se mantiene constante.

Norte Desértica: corresponde a la planicie comprendida entre la cordillera de la Costa y la de los Andes. Las precipitaciones son escasas por lo que es una zona extremadamente árida. Por su condición desértica, la temperatura diaria presenta grandes fluctuaciones a lo largo de todo el año.

Norte Valles Transversales: en ella se encuentra la región de los cordones y valles transversales al este de la zona Norte Litoral excluyendo la Cordillera de los Andes a partir de los 400 metros. Se caracteriza por un clima semidesértico en el que los veranos son largos y calurosos. Las precipitaciones, por su parte, aumentan de norte a sur, mientras que las fluctuaciones de temperatura a lo largo del día son muy variables.

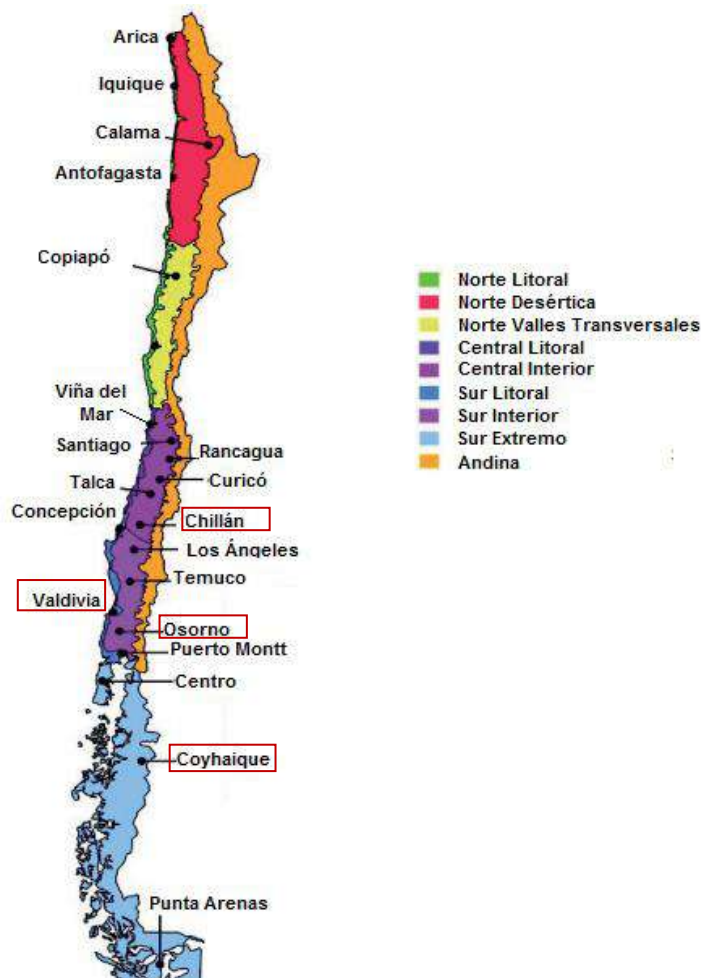


Figura 2. Zonificación climática de Chile

Central Litoral: ocupa el cordón costero a continuación de la zona Norte Litoral, desde el Aconcagua hasta el límite del valle de Bío-Bío. El clima característico en esta zona es el templado marítimo. Las precipitaciones anuales son abundantes, y tanto el ambiente como el suelo son relativamente húmedos. Las temperaturas permanecen constantes a lo largo del día.

Central Interior: comprende el valle central entre la zona Norte Litoral y la precordillera de los Andes por debajo de los 1.000m. El clima de esta zona es mediterráneo de temperaturas templadas, con un aumento de las precipitaciones y las heladas a medida que se entra en el sur. La temperatura no sufre variaciones elevadas a lo largo del día. Dentro de esta zona se encuentra Osorno.

Sur Litoral: se encuentra en la continuación de la zona Central Litoral desde el Bío-Bío hasta Chiloé y Puerto Montt. Se caracteriza por una climatología marítima con precipitaciones intensas, suelos salinos y húmedos. Las temperaturas son bajas. En esta zona se encuentra Valdivia.

Sur Interior: corresponde a la continuación de la zona Central Interior desde el Bío – Bío incluido hasta la ensenada de Reloncaví, y por el este hasta la Cordillera de los Andes. Es una zona lluviosa, de bajas temperaturas a lo largo del año. Chillán se encuentra dentro de esta zona.

Sur Extremo: La constituye la región de los canales y archipiélagos desde Chiloé hasta la Tierra del Fuego. Contiene una parte continental hacia el este. Se caracteriza por un clima marítimo, lluvioso y frío. En zonas elevadas predomina la nieve y las heladas. Existen variaciones climáticas importantes dentro de la misma zona. A esta zona pertenece Coyhaique.

Andina: se ubica entre la faja cordillerana y precordillerana superior a los 3.000 metros de altitud en el Norte y termina al sur de Puerto Montt. Posee un clima seco, con grandes fluctuaciones de temperatura entre el día y noche. Debido a las diferencias de altura y latitud a lo largo de esta zona, el clima varía de norte a sur, siendo en todos los casos condiciones muy severas.

Tabla 4. Zonas climático-habitacional de las ciudades de estudio

Ciudad	Zona climático-habitacional
Chillán	Sur Interior
Osorno	Central Interior
Coyhaique	Sur Extremo
Valdivia	Sur Litoral

Fuente: Norma NCh 1079

2.5 Zonificación Térmica de Chile

Como ya se comentó, esta zonificación se desarrolló para aplicar las exigencias de aislación térmica de las viviendas establecidas en la RT de 2007. Está basada únicamente en la temperatura de calefacción necesaria para lograr el confort dentro de las viviendas, en función del criterio de Grados Día. Nótese la diferencia con la zonificación climático-habitacional, que se define por el conjunto de las variables meteorológicas que caracterizan un clima (humedad, nubosidad, intensidad del viento, horas de sol, radiación solar, etc.).

Chile está diferenciado en siete zonas térmicas:

Tabla 5. Grados-día anuales por zona térmica

	Grados - día
Zona 1	≤ 500
Zona 2	$> 500 - \leq 750$
Zona 3	$> 750 - \leq 1.000$
Zona 4	$> 1.000 - \leq 1.250$
Zona 5	$> 1.250 - \leq 1.500$
Zona 6	$> 1.500 - \leq 2.000$
Zona 7	> 2.000

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

La ciudad de Coyhaique se encuentra dentro de la zona 7 y según la página web <http://www.degreedays.net>, basado en las temperaturas de Weather Underground, un referente en datos climáticos para los profesionales de la energía, los grados-día anuales ascienden hasta los 2.334.

El clima de Coyhaique es una transición entre el clima marítimo lluvioso, que se presenta en la costa y fiordos de la región de Aysén, y el clima estepárico frío que se encuentra cerca de la frontera con la Patagonia argentina. Por ello, presenta características de ambos climas: Abundancia de lluvias y aridez.

Por la latitud de esta ciudad, el clima es muy frío durante todo el año y las precipitaciones oscilan entre 800 y 1200 mm anuales con nieves invernales. La temperatura absoluta mínima invernal alcanza -22°C y la máxima absoluta en verano puede alcanzar 35°C .

3. ***OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN***

3.1 ***Levantamiento de la información***

A lo largo de este estudio se ha solicitado información a los organismos que se expone a continuación:

- Ministerio de Medio Ambiente (MMA)
- Ministerio de Energía
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)
- Ministerio de Desarrollo Social
- Instituto Nacional de Estadística (INE)
- Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA)
- Transparencia

A continuación se expone qué datos han sido utilizados para calcular los distintos puntos de la componente 1.

3.1.1.1 ***Proyecciones***

Para realizar la proyección del número de viviendas de una manera más exacta, se solicitó información sobre el Censo de 2012 mediante Transparencia. La resolución resultó negativa ya que los datos censales estaban siendo sometidos a auditoría externa. Finalmente, se consensuó con el Ministerio de Medio Ambiente trabajar a partir de los datos del Censo 2002.

3.1.1.2 ***Análisis energético de las viviendas***

El planteamiento inicial consistía en el desplazamiento de técnicos de campo a cada una de las ciudades de estudio para levantar la información necesaria acerca de las viviendas.

Se utilizaron los datos resultantes de las encuestas elaboradas por el Ministerio de Energía, para su estudio llamado “Estudio de usos finales y curva de la oferta de la conservación de la energía en el sector residencial” elaborado en 2010, cuyo fin era caracterizar los usos finales de la energía del sector residencial de Chile y construir la curva de la oferta de conservación de la energía para dicho sector. Para llevar a cabo dicho estudio se realizaron 3.200 encuestas a lo largo de todo el territorio nacional. Se

solicitaron las respuestas dadas en las ciudades de Osorno (130), Chillán (97), Coyhaique (204) y Valdivia (89).

Tras analizar los resultados se determinaron las tipologías de vivienda más habituales, así como las características constructivas principales de cada una de las ciudades, y se compararon con otras fuentes oficiales, como el Censo 2002 y la Encuesta Casen (Ministerio de Desarrollo Social).

Con el fin de que los tipos de vivienda seleccionados fuesen lo más representativos posibles, se elaboró una encuesta destinada a arquitectos y empresas constructoras que desarrollasen su actividad en cada una de las ciudades de estudio, para que validasen los resultados obtenidos. (La encuesta enviada se encuentra en el Anexo 1)

En el caso de Coyhaique se contactó con 27 arquitectos cuyos nombres se incluyen en el Anexo 1.

Se estudió cada una de las respuestas y el 100% afirmó estar de acuerdo con las tipologías establecidas para la ciudad de Coyhaique, tanto antes como después de la entrada en vigor en 2007 de la RT.

4. PROYECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS

En este punto se analiza información sobre el número de viviendas de Coyhaique y se estima una proyección para 2013-2025.

Luego de proyectar el parque de viviendas, éste será caracterizado según variables medibles tales como geometría del hogar, muros, ventanas, pisos, techos, material de construcción, etc., con el fin de obtener las viviendas más representativas de la ciudad de Coyhaique.

4.1 *Proyección de la población de Coyhaique*

Para dar respuesta a este punto se ha trabajado con los datos del Censo 2002. Inicialmente se solicitó mediante Transparencia los datos del Censo de 2012, con el fin de que los resultados se asemejasen más a la realidad actual de Coyhaique. Sin embargo, debido a la auditoría externa a la que se está sometiendo dicho censo no se pudieron obtener los datos actualizados.

A partir de los datos del Censo de 2002, el INE ha estimado un crecimiento de la población hasta 2020. Para calcular la evolución de la población hasta 2025, Creara ha obtenido la tasa de variación promedio por grupo de edad en los últimos 5 años de los que disponía datos, y la ha aplicado a los años 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6. Evolución y proyección futura de la población en Coyhaique.

	Población	Tasa crecimiento
1990	42.855	-
1995	47.372	2,02%
2000	51.278	1,60%
2005	54.705	1,30%
2010	58.014	1,18%
2015	61.020	1,01%
2020	63.598	0,83%
2025*	67.144	1,09%

Fuente: Censo 2002, INE (*) Cálculo Creara

Se prevé que a futuro, siga existiendo un crecimiento poblacional que afectará directamente al consumo de energía y al uso de la leña.

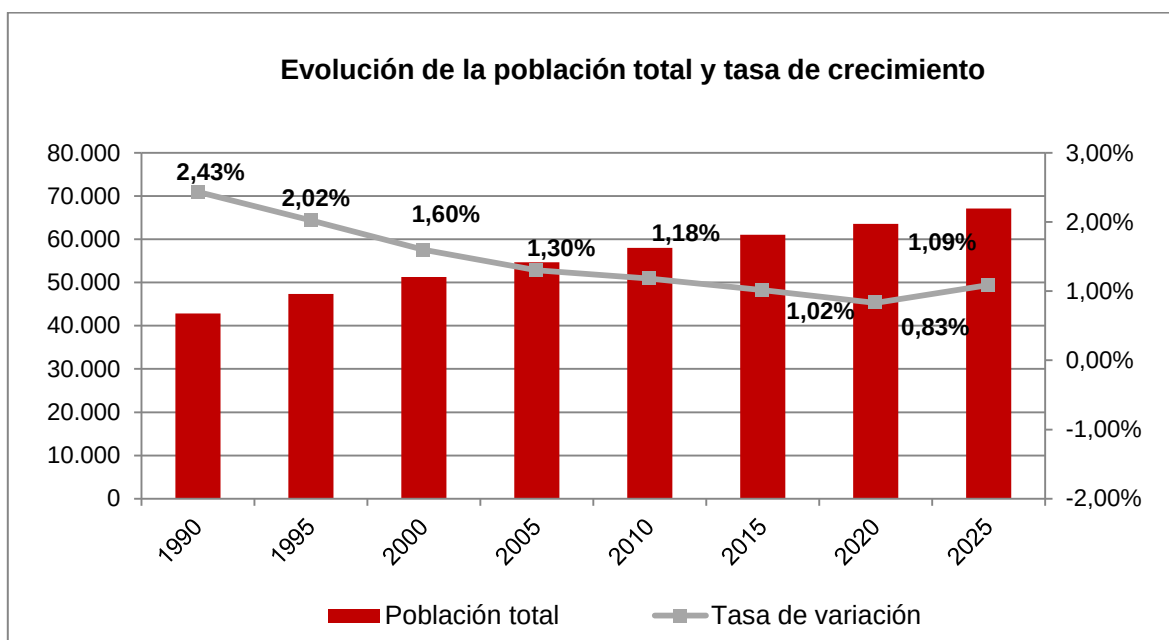


Gráfico 1. Evolución y proyección futura de la población en Coyhaique

Fuente: Censo 2002, INE y Creara

La población de Coyhaique mantiene un crecimiento constante a lo largo de los años, tal y como se puede observar en el gráfico 1. Dada la importancia de este factor al explicar el crecimiento en la demanda de vivienda, una reducción de la misma tendría un impacto negativo relativamente fuerte en el sector inmobiliario, mientras que por el contrario, una tendencia positiva haría que se fortaleciese.

4.2 Proyección de las viviendas de Coyhaique

Para realizar la proyección del número de viviendas se ha utilizado el método de las cabezas de familia, que permitirá calcular la demanda potencial de viviendas para años futuros, basándose en la proyección de población del INE.

Dicha metodología se ha extraído de varios trabajos consultados sobre proyecciones de número de viviendas. Entre los más importantes se destacan:

- Hogares en España. Proyecciones 2001-2012 – Ministerio de Vivienda de España
- *Situación inmobiliaria* (Diciembre 2009) – Servicio de Estudios Económicos del BBVA
- Evolución demográfica y demanda de viviendas en Galicia – Universidad de Santiago de Compostela

Se basa en la utilización de las llamadas “tasas de jefe de hogar o cabeza de familia” (TCF_i) que se definen como el cociente entre el número de personas que ostentan la jefatura del hogar y el total de la población, es decir:

$$TCF_i = \frac{CF_i}{POB_i}$$

Donde:

TCF_t : Tasa de cabezas de familia para el rango de edad “i”.

CF_i : Cabezas de familia para el rango de edad “i”.

POB_i : Población total para el rango de edad “i”

La tasa definida de este modo se supone constante a lo largo de todo el periodo analizado, y permite la determinación del stock total de hogares (ΔH_t) en base a la siguiente relación:

$$\Delta H_t = \sum_i TCF_i * \Delta POB_i$$

Donde:

ΔH_t : Variación del número de hogares en el periodo de tiempo estudiado.

TCF_i : Tasa de cabeza de familia para el rango de edad “i”

ΔPOB_i : Variación de la población en el periodo temporal estudiado para el rango de edad “i”

Con ello se resuelve que la variación del número de hogares correspondientes a la edad “i” en el año “t”, es directamente proporcional a la variación de la población de dicha edad. La suma de la variación obtenida en cada uno de los rangos de edad estudiados, dará como resultado la variación del total del número de hogares de Coyhaique.

Con el fin de que la proyección de viviendas tenga en cuenta las distintas fluctuaciones del mercado que se pueden dar a lo largo de los años, se han aplicado los siguientes factores correctores:

- Evolución del porcentaje de viviendas de segunda residencia.
- En caso de superávit, se asume que se absorberá el stock de viviendas sin vender.
- La evolución de las tasas de cabeza de familia, se puede suponer constante en el tiempo o no.

La fluctuación de estos factores ha hecho que se creen tres escenarios para las proyecciones de viviendas de Coyhaique. Un escenario base, uno optimista y uno pesimista, teniendo en consideración tres parámetros fundamentales:

- **Número de personas que habrá en un hogar chileno en 2025**
- **Cabezas de Familia en 2025:** Corresponde a la inversa del número de personas que habrá en un hogar chileno en 2025. La ecuación es: $1/N^{\circ}$ personas.
- **Tasa de crecimiento anual compuesto:** Es la estimación del promedio crecimiento porcentual anual de la población durante un periodo de tiempo especificado (2013-2025).

En el escenario positivo estas tres variables procederán de los promedios chilenos encontrados en el estudio “Alojar para el desarrollo: una tarea para los asentamientos humanos” realizado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas. Este estudio determina que en un hogar chileno en 2025 habrá

una media de 3 personas. Dicho dato se estima a partir del hecho de que Chile se encuentra en plena transición demográfica y en una etapa avanzada de transición donde resulta probable una dinámica de nuclearización rápida. La tasa de cabezas de familia procederá de aplicar la inversa al dato del número de personas por hogar chileno en 2025.

En el caso de los escenarios base y pesimista, los valores del número de personas que habrá en un hogar chileno en 2025 se han determinado en función de los datos fehacientes obtenidos en el estudio mencionado anteriormente, “Alojar para el desarrollo: una tarea para los asentamientos humanos”. Entendiendo que un escenario optimista hay menos personas por hogar que en un escenario base y en uno pesimista, en el caso del escenario base se ha supuesto que el número de personas por vivienda será 3,05, mientras que en el pesimista ascenderá a 3,10.

Del mismo modo, se ha seguido esta metodología en el caso de la evolución de las segundas residencias. El resultado final de estas proyecciones se encuentra en el Anexo 2. En la tabla 7 se muestra la proyección de viviendas estimada para los años 2013-2025, en los distintos escenarios planteados.

Tabla 7. Escenarios de proyección de las viviendas en Coyhaique.

	Escenario		
	Base	Optimista	Pesimista
2013	19.092	19.114	19.070
2014	19.282	19.327	19.237
2015	19.483	19.551	19.414
2016	19.722	19.814	19.629
2017	19.949	20.065	19.831
2018	20.164	20.305	20.022
2019	20.372	20.538	20.204
2020	20.557	20.749	20.363
2021	20.819	21.038	20.599
2022	21.096	21.343	20.849
2023	21.389	21.665	21.113
2024	21.698	22.003	21.393
2025	22.023	22.359	21.688

Fuente: Creara

4.3 Caracterización del parque de viviendas de Coyhaique

Para este punto se ha tenido en cuenta el resultado de las encuestas elaboradas para el estudio “Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial” elaborado en 2010 para el Ministerio de Energía, así como las respuestas obtenidas en la encuesta elaborada por Creara a arquitectos y constructores.

Inicialmente se consideró que para Coyhaique, un tamaño muestral de 200 viviendas sería representativo, en función de:

$$\text{Tamaño muestral} = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

Donde:

k^2 : Nivel de confianza 95%

N : Tamaño de la población

p : Proporción esperada %

q : Proporción sin la característica %

e : Precisión 3%

Sin embargo, tras consensuar con el Ministerio de Medio Ambiente que en vez de hacer trabajo de campo se iba a utilizar las encuestas recibidas por parte del Ministerio de Energía para Coyhaique, se observó que estas ascendían a 204, por lo que, aunque suficientes, Creara ha querido corroborar la veracidad de los resultados. Para ello, y en función de los datos recopilados por las encuestas, se definieron las tipologías de vivienda más características de Coyhaique, se contactó con arquitectos y constructoras de la zona y se les pidió que validasen esos datos. Como se comentaba anteriormente, el 100% de los encuestados afirmaron estar de acuerdo.

A continuación se muestra la caracterización del parque de viviendas de Coyhaique.

4.3.1.1 Geometría del hogar

En Coyhaique, las viviendas se clasifican de acuerdo al siguiente tipo de agrupación:

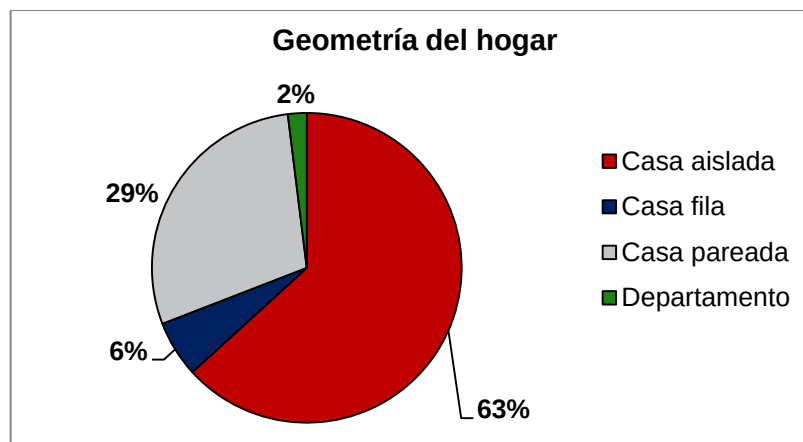


Gráfico 2. Tipologías de viviendas en Coyhaique

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Dentro de cada una de las tipologías de hogar definidas anteriormente, se considera de gran importancia a la hora de analizar el aislamiento térmico de las viviendas, el número de pisos más habituales en estas construcciones

Tabla 8. Número de pisos según tipología de viviendas en Coyhaique

		% de viviendas
Casa aislada	1 piso	45%
	2 pisos	18%
Casa en fila	1 piso	3%
	2 pisos	3%
Casa pareada	1 piso	13%
	2 pisos	16%
Departamento	1 piso	1%
	2 pisos	1%

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Estas dos clasificaciones servirán como base para la caracterización del parque de viviendas de Coyhaique.

4.3.1.2 Fecha de construcción

Como se veía anteriormente, la materialidad y las calidades de las viviendas, dependen en gran medida de la fecha de construcción y de las distintas reglamentaciones térmicas que se han ido sucediendo desde 2000. Por ello, la clasificación que se propone es:

- Antes de 2000
- Entre 2000 y 2007
- Posterior a 2007

En general, la construcción en Coyhaique se reparte a través de los años de la siguiente manera.

Tabla 9. Año de construcción de viviendas en Coyhaique

		<2000	2000-2007	>2007
Casa aislada	1 piso	31%	10%	4%
	2 pisos	12%	5%	1%
Casa en fila	1 piso	0%	3%	0%
	2 pisos	1%	2%	0%
Casa pareada	1 piso	12%	1%	0%
	2 pisos	8%	6%	2%
Departamento		2%	0%	0%
Total viviendas		65%	28%	7%

Fuente: Ministerio de Energía 2010

De ello se deduce que el 65% de las viviendas están construidas antes de 2000 por lo que no deberían estar sujetos a RT alguna. Más tarde se discutirán estos resultados.

A nivel tipología de vivienda:

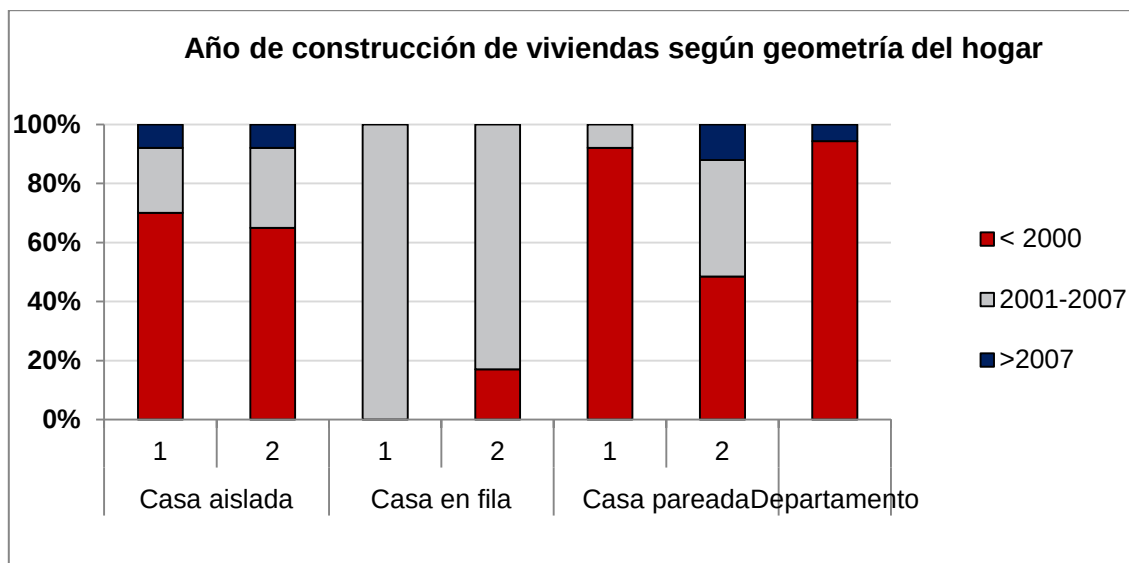


Gráfico 3. Año de construcción de las viviendas según geometría del hogar en Coyhaique

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Se observa que el 70% de las casas aisladas de 1 piso, el 65% de las casas aisladas de 2 pisos, el 17% de las viviendas en filas de 2 piso, el 92% de las viviendas pareadas de 1 piso, el 48% de las casas pareadas y el 100% de los departamentos, fueron construidas antes de 2000. En éstas se deberán centralizar esfuerzos a la hora de aplicar medidas de aislamiento térmico ya que son las que, a priori, no cumplen con la RT.

Por otro lado, un 22% de las casas aisladas de 1 piso, un 27% de casas aisladas de 2 pisos, el 100% de las casas en fila de 1 pis, el 83% de las casas en fila de 2 pisos, el 8% de las casas pareadas de un piso y el 39% de casas pareadas de 2 pisos, fueron construidas entre el 2001 y 2007. Éstas deberán cumplir los requisitos exigidos en la RT del 2000.

Entre las viviendas construidas entre el 2007 y el 2010, se encuentran un 8% de casas aisladas de 1 piso, un 8% de casas aisladas de 2 pisos y un 12% de casas pareadas de 2 pisos.

Debido a que las encuestas recibidas por parte del Ministerio de Energía se realizaron en 2010, no reflejan datos relativos a las viviendas construidas entre 2010 y 2012. Por ello, a partir de los permisos de edificación solicitados al INE se ha hecho una corrección sumando al total de viviendas existentes en 2010 los nuevos permisos de edificación otorgados en los dos años siguientes. Con ello se conseguirán datos más acordes con la realidad.

4.3.1.3 Características constructivas

En este punto se clasificará el parque de viviendas de Coyhaique en función de las características constructivas de cada tipo de vivienda, tales como metros cuadrados, materialidades, tipo de techo y de piso, etc.

4.3.1.4 Metros cuadrados

A continuación se muestra el promedio de metros cuadrados que tiene cada una de las tipologías de viviendas seleccionadas según las encuestas recibidas del Ministerio de Energía.

Tabla 10. Metros cuadrados en función de número de pisos y tipología de viviendas en Coyhaique

		Metros cuadrados
Casa aislada	1 piso	55-65
	2 pisos	75-85
Casa en fila	1 piso	40-50
	2 pisos	35-45
Casa pareada	1 piso	55-65
	2 pisos	50-60
Departamento		45-45

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Como se observa, las casas aisladas de 2 pisos son por lo general las de mayor tamaño. Es necesario destacar que el parámetro “tamaño de la vivienda” depende en gran medida del estrato socioeconómico, aunque este punto será estudiado más adelante.

4.3.1.5 Ventilación inferior del piso

Este es un factor de gran importancia a la hora de realizar el análisis energético de las viviendas, ya que el tipo de piso y el contacto con el terreno influyen notablemente en las pérdidas energéticas.

Tabla 11. Ventilación inferior en función de la tipología de viviendas en Coyhaique

	Piso sin ventilación	Piso con ventilación
Casa aislada	40%	23%
Casa en fila	6%	0,5%
Casa pareada	27%	1%
Departamento	2%	0%
Total	75%	25%

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Como se observa, el porcentaje de casas con ventilación inferior es menor al de aquellas con ventilación. Esto se debe a que la temperatura en Coyhaique es fría y no conviene que exista un flujo de calor hacia el exterior.

4.3.1.6 Materialidad

Debido a la entrada en vigor en 2007 de la última RT, en la que tanto los muros, las ventanas y el piso de las viviendas debían cumplir con unos valores mínimos de transmitancia en función de la zona térmica en la que se encontrase la vivienda, se ha considerado necesario diferenciar dos etapas. Una primera en la que se incluirán todas las viviendas construidas antes de 2007, y una segunda con aquellas posteriores a dicho año.

- Muros

Viviendas anteriores a 2007

A continuación se muestra cuáles son los principales materiales de construcción de los muros de las viviendas de Coyhaique:

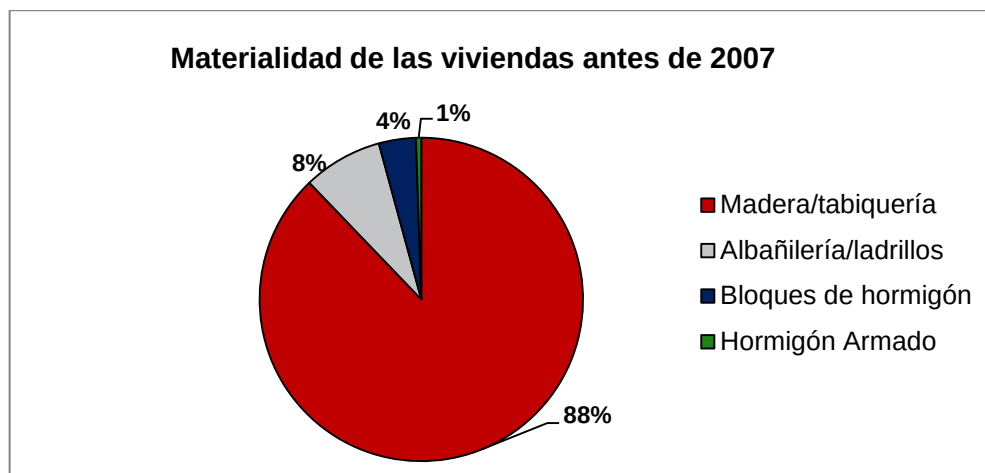


Gráfico 4. Materialidad de las viviendas en Coyhaique, anteriores al 2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Como se puede observar en el gráfico 5, las viviendas de Coyhaique construidas antes del 2007, que representan un 65% del total de viviendas, están hechas mayoritariamente de madera. Teniendo en cuenta las bajas temperaturas de Coyhaique, este porcentaje es muy lógico ya que la madera es uno de los mejores materiales a la hora de aislar térmicamente las viviendas.

Por otro lado, si sólo se contabilizan las viviendas construidas antes del 2007 por su tipología, la materialidad según tipología de construcción, es la siguiente:

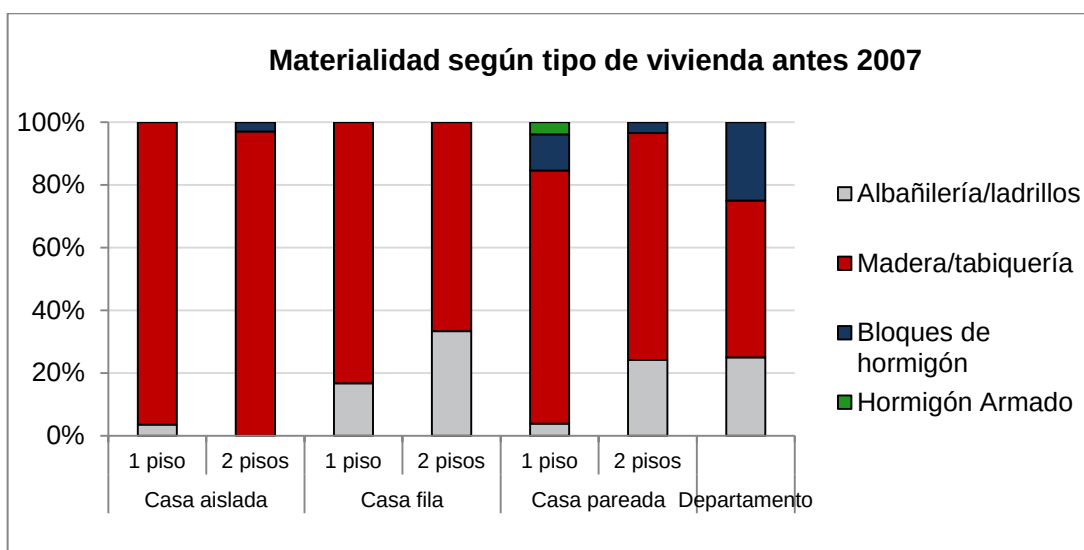


Gráfico 5. Materialidad según tipo de viviendas en Coyhaique

Fuente: Ministerio de Energía 2010

La madera es el principal material de construcción en prácticamente todas las viviendas.

○ Aislamiento de muros

La construcción en Coyhaique previa a 2007, no incluía como elemento indispensable el aislante de muros, si bien, era bastante utilizado. En función de los datos obtenidos por las encuestas realizadas por el Ministerio de Energía, un 44% de las viviendas construidas antes de 2007 sí disponían de algún aislante en los muros, siendo la lana de vidrio el material más utilizado.

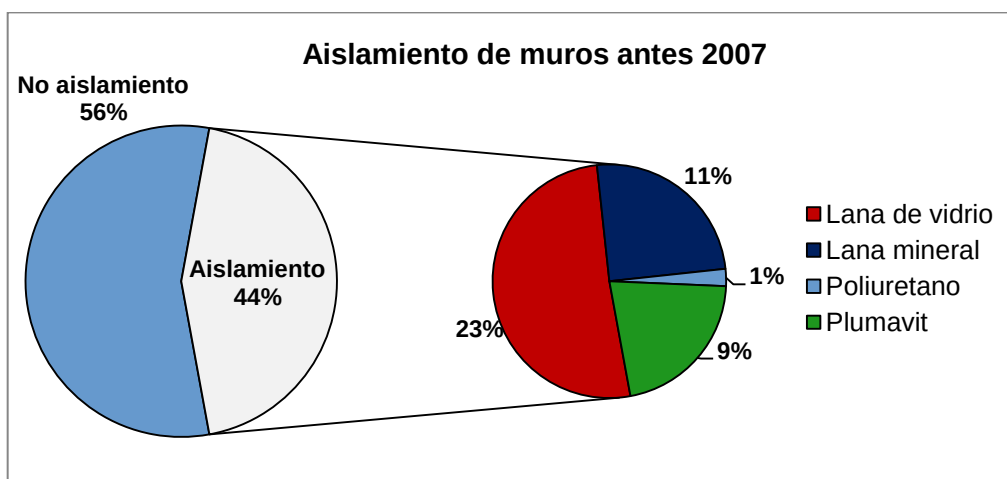


Gráfico 6. Aislantes de los muros en Coyhaique, previo a 2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Por otro lado, teniendo en cuenta solamente las viviendas construidas antes del 2007 los materiales aislantes según la tipología de construcción, son los siguientes:

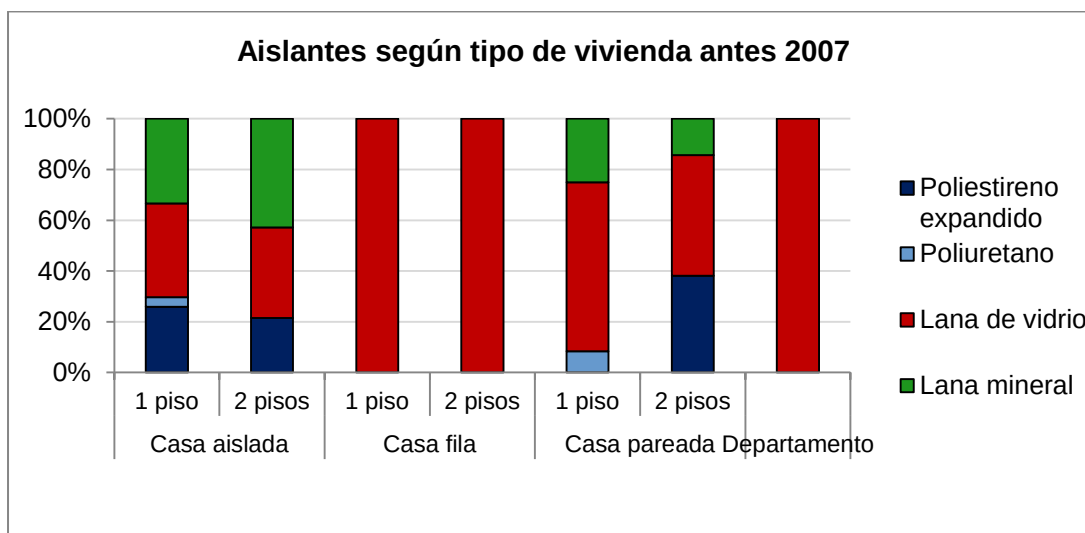


Gráfico 7. Aislantes de los muros antes del 2007 según el tipo de vivienda

Fuente: Ministerio de Energía 2010

La lana de vidrio es el principal aislante utilizado en los muro en la mayoría de las tipologías de viviendas, excepto en las casas aisladas de 1 piso y 2 pisos donde la lana mineral es igualmente empleada. Señalar que todas las casas en fila, construidas antes del 2007, presentan lana de vidrio como principal aislante en los muros.

Viviendas posteriores a 2007

Los datos de viviendas posteriores a 2007, que representan un 7% del total de viviendas, en la encuesta son poco representativos. Por ello se solicitó a arquitectos de Coyhaique, que diesen su visión de las características constructivas actuales. Los resultados aportados fueron los siguientes:

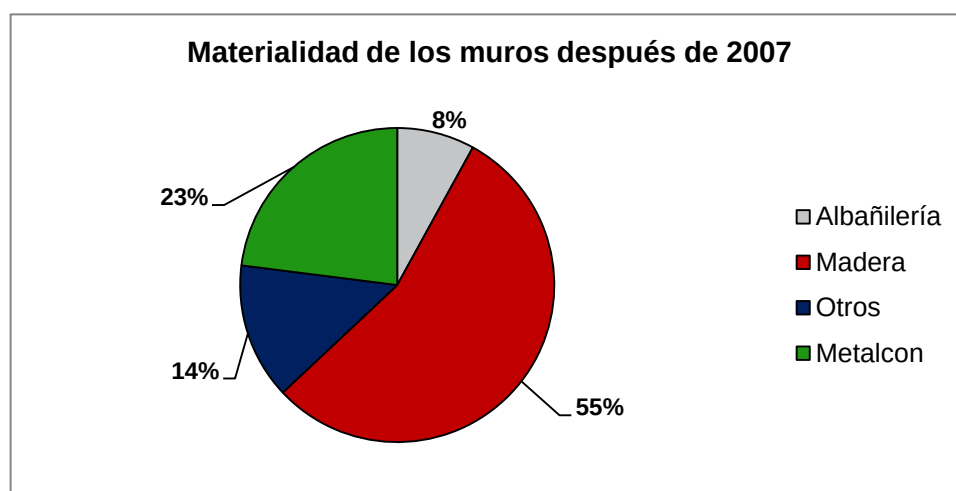


Gráfico 8. Materialidades de los muros en Coyhaique, después de 2007

Fuente: Encuesta realizada por Creara a arquitectos y constructoras de Coyhaique

Se observa como en los últimos años, la tendencia en la construcción ha variado. Si inicialmente la madera era prácticamente el único material de construcción, en la actualidad se ha introducido el metalcon, que consiste en una serie de perfiles de acero galvanizado de alta resistencia, unidos entre sí por medio de tornillos.

En cuanto a los aislantes de los muros, se puede observar que la lana de vidrio sigue siendo el principal aislante utilizado en las viviendas. Por otro lado, la lana mineral se ha visto desplazada por el poliestireno expandido que se caracteriza por tener una baja transmitancia y un costo reducido.

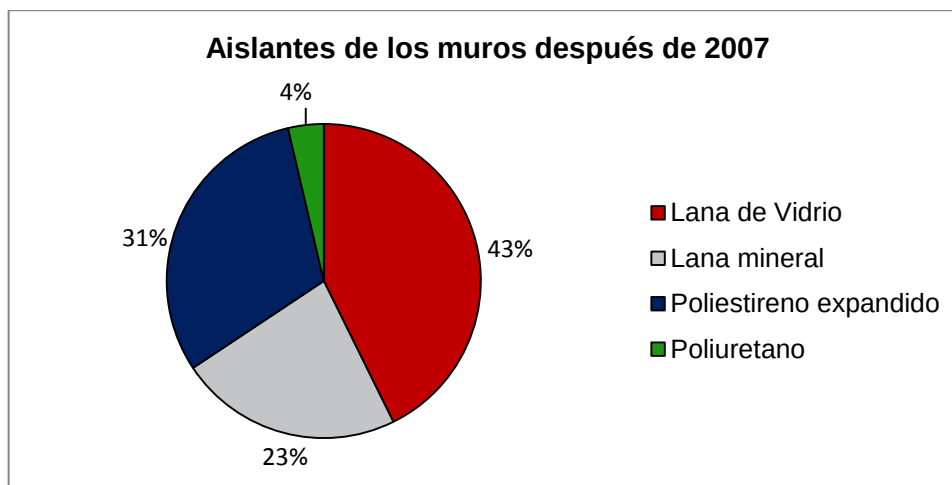


Gráfico 9. Aislantes de los muros en Coyhaique, después de 2007

Fuente: Encuesta realizada por Creara a arquitectos y constructoras de Coyhaique

- Techos

Los techos más construidos en las viviendas de Coyhaique se muestran a continuación:

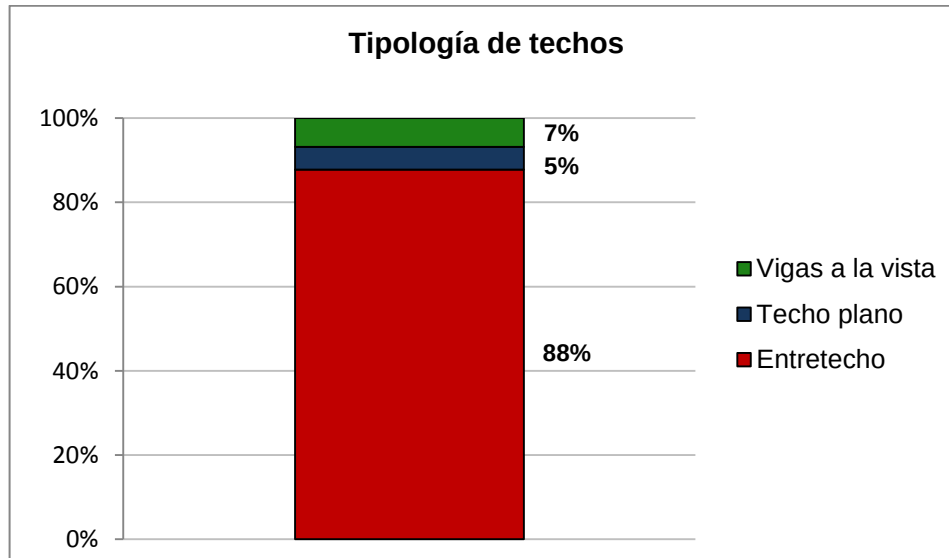


Gráfico 10. Tipología de techos en Coyhaique

Fuente: Ministerio de Energía 2010

- Materialidad de los cielos

Las encuestas proporcionadas por el Ministerio de Energía no ofrecen información acerca del tipo de materialidad utilizada en los cielos de las viviendas de Coyhaique. Por ello se ha trasladado esta pregunta a los arquitectos y constructoras de la zona, que afirman que en la actualidad, la construcción se reparte de la siguiente manera: 78% yeso cartón, 12% madera y 10% hormigón armado.

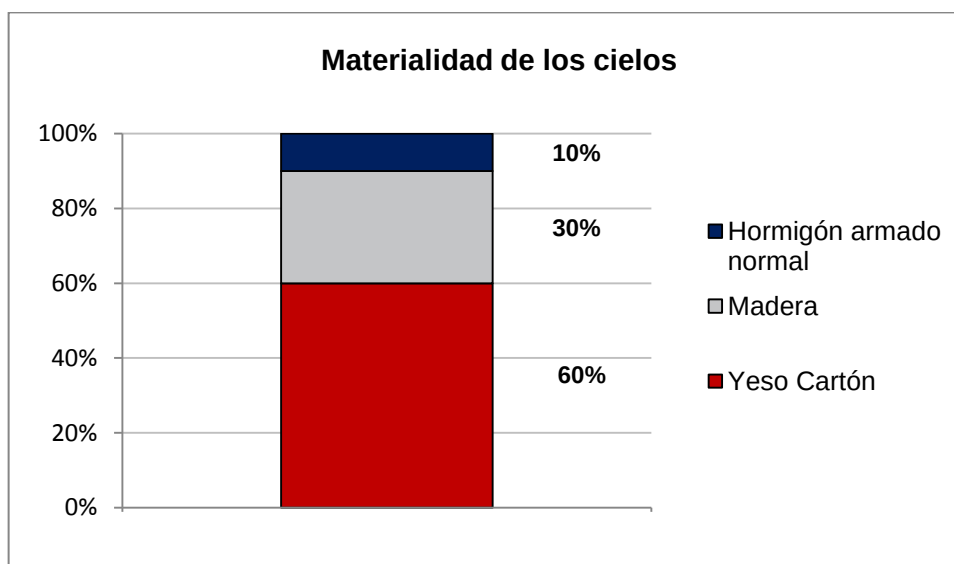


Gráfico 11. Aislantes de los muros en Coyhaique, después de 2007

Fuente: Encuesta realizada por Creara a arquitectos y constructoras de Coyhaique

En este caso no se va a hacer distinción entre el año de construcción ya que los porcentajes dados para cada materialidad, antes y después de 2000 son muy similares. Por ello, se deduce que la entrada en vigor de la nueva legislación no ha afectado a los materiales empleados en la construcción del cielo de las viviendas.

- Aislamiento de cielos

Cabe destacar que la primera RT del año 2000 incluía en sus requerimientos la aislación térmica de la techumbre, por lo que al menos un 35% (28% construidas entre 2000 y 2007 y 7% después de 2007) de las viviendas de Coyhaique deberían de contar con aislamiento en los cielos. Por ello, y con el fin de ver cómo ha variado la constructividad de las viviendas a nivel aislante, se va a estudiar el tipo de cielo en función del año de construcción de la casa.

Viviendas anteriores a 2000

De las encuestas se extrae el dato de que el 27% de las viviendas construidas hasta el año 2000, no tenían ningún material de aislación en el cielo, mientras que el 73% si poseían aislamiento, siendo el principal material utilizado la lana mineral (38%).

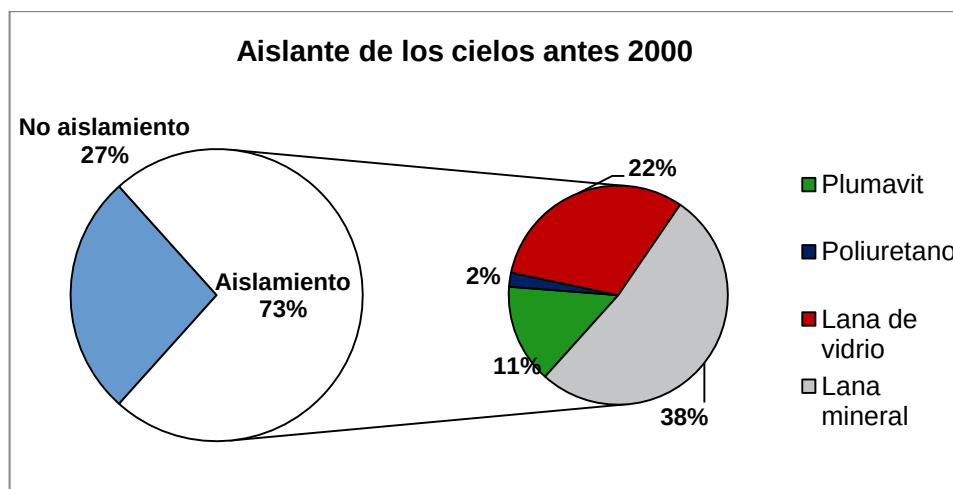


Gráfico 12. Aislantes de los cielos en Coyhaique, antes de 2000

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Por otro lado, se tendrá en cuenta el material aislante de los cielos según tipología de construcción. Nótese que no se dispone de información suficiente para casas fila de 1 piso ni para departamentos. Los datos se exponen a continuación:

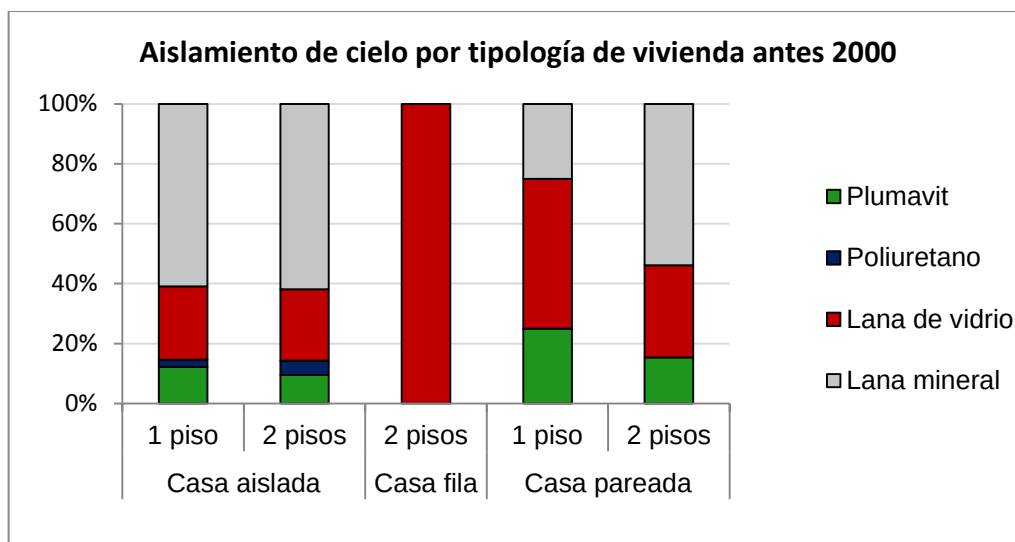


Gráfico 13. Aislante de cielo de las viviendas construidas antes del 2000 según geometría del hogar en Coyhaique. Fuente: Ministerio de Energía 2010

Viviendas construidas entre 2000 y 2007

El 100% de las viviendas construidas entre el 2000 y el 2007, que representan el 3% del total de viviendas de Coyhaique, poseen aislamiento en el cielo, pues que así lo exigía la primera RT.

Según los datos obtenidos de las encuestas proporcionadas por el Ministerio de Energía, el material aislante de cielos predominante en las viviendas construidas entre 2000 y 2007 es la lana de vidrio (80%).

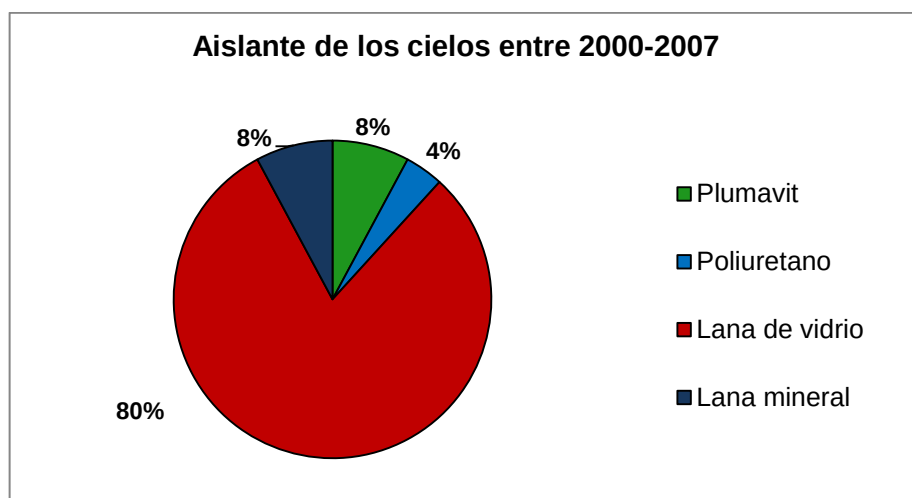


Gráfico 14. Aislantes de los cielos en Coyhaique, entre 2000-2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Por otro lado, atendiendo a la tipología de la vivienda, el material más utilizado en todas los tipos de viviendas es la lana de vidrio. Así, en las viviendas pareadas los cielos están únicamente aislados con este material, mientras que en las casas pareadas es el más empleado. El plumavit y el poliuretano solamente se utilizan en las casas aisladas de 1 y 2 pisos.

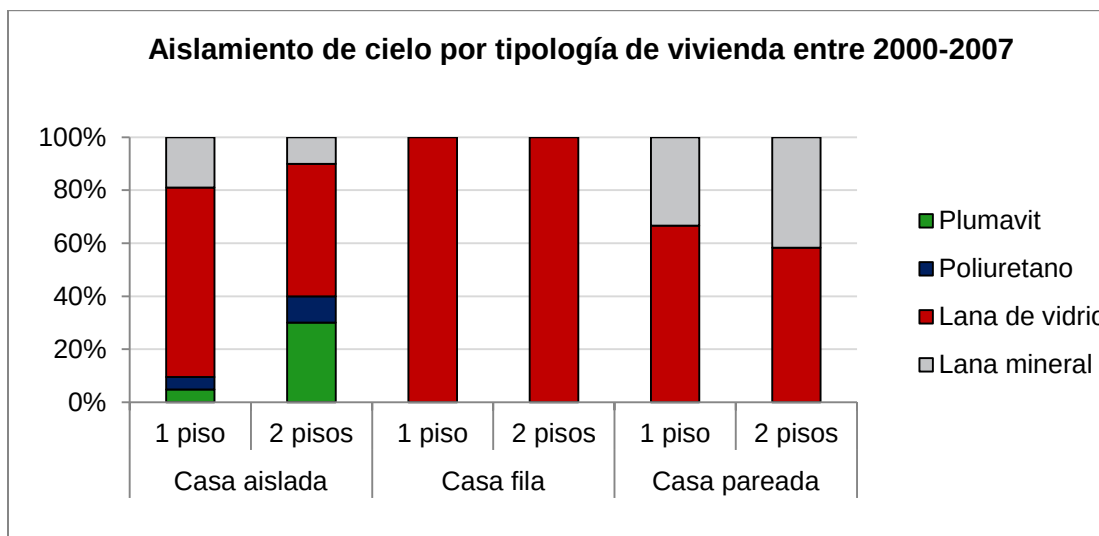


Gráfico 15. Aislantes de los techos por tipo de vivienda en Coyhaique, después de 2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Viviendas construidas después de 2007

En el siguiente gráfico se observa la tendencia actual en el uso de aislante en techos. Como se mencionaba anteriormente, se observa un cambio significativo respecto al dato obtenido para 2007.

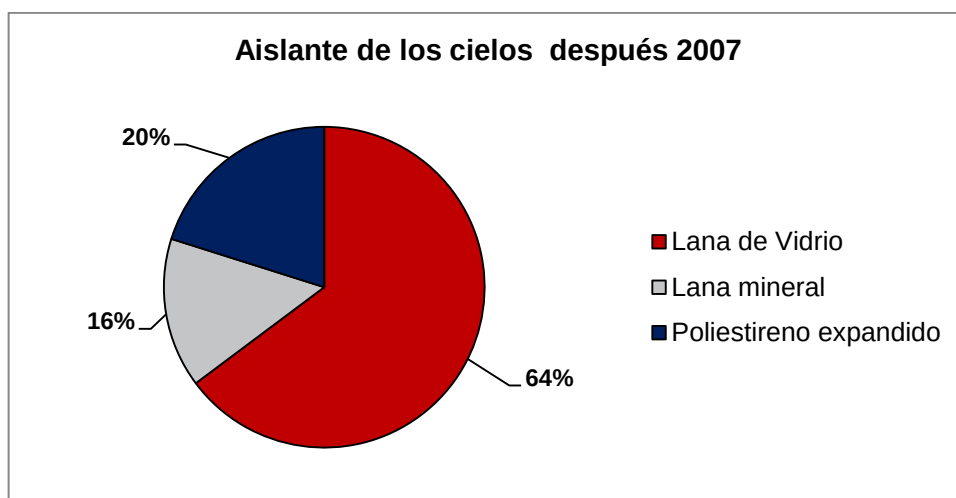


Gráfico 16. Aislantes de los techos en Coyhaique, después de 2007

Fuente: Encuesta realizada por Creara a arquitectos y constructoras de Coyhaique

En este gráfico se observa que se mantiene la tendencia en los materiales utilizados, que se evidenciaba en el gráfico 14. La lana de vidrio sigue siendo el principal aislante de las viviendas construidas después de 2007 (65%), pero el poliestireno expandido se

convierte en uno de los más usados (20%). Nótese que el uso de la lana mineral ha disminuido, ya que otros materiales poseen una conductividad térmica más apta para conseguir las exigencias mínimas de la RT.

- Ventanas

Otro elemento de suma importancia a la hora de tener en cuenta las pérdidas de energía de una vivienda son las ventanas. La combinación de carpintería y vidrios de distintos materiales influye notablemente en las pérdidas térmicas de la vivienda. Así una ventana de madera y doble vidrio hermético, tendrá un flujo de calor hacia el exterior menor que una de acero y vidrio simple.

La RT de 2007 restringe su tamaño en función de su transmitancia térmica (**U**). Por ello, se evaluará este elemento antes y después de 2007.

Relativo al vidrio, las ventanas estaban formadas en prácticamente su totalidad (99,8%) por vidrios simples, mientras que los termopaneles representaban únicamente un 0,2% del total.

Viviendas construidas antes de 2007

La distribución de los marcos de las ventanas en las viviendas construidas antes del 2007 es la que se muestra a continuación:

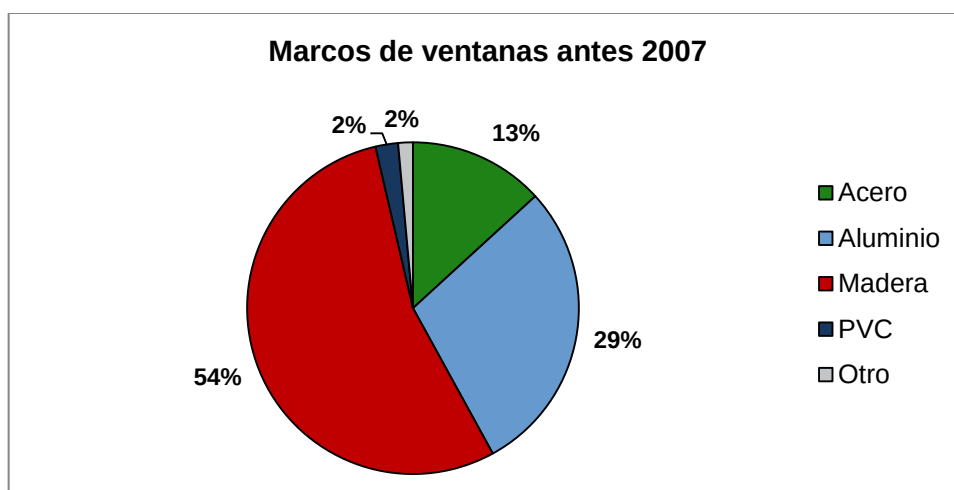


Gráfico 17. Marcos de las ventanas en Coyhaique, antes de 2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

La madera es el material más usado (54%), seguido del aluminio (29%) y el acero (13%). Nótese la baja utilización del PVC como marco de ventana antes del 2007.

Viviendas construidas después de 2007

Las nuevas exigencias respecto a ventanas no han hecho que el porcentaje de termopaneles crezca, ya que en la actualidad se siguen manteniendo los mismos porcentajes.

Respecto a los marcos, el reparto de materiales en viviendas construidas a partir de 2007 (7% del total) es el siguiente:

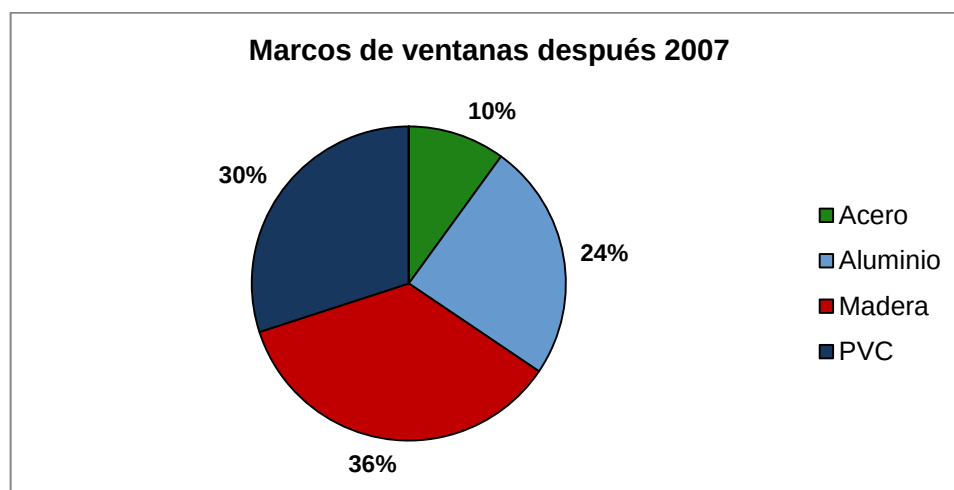


Gráfico 18. Marcos de las ventanas en Coyhaique, después de 2007

Fuente: Encuesta realizada por Creara a arquitectos y constructoras de Coyhaique

Se observa como la mayoría de los materiales han descendido en su utilización, a favor de materiales más aislantes, como el PVC.

4.3.1.7 Estrato socioeconómico

En Chile los estudios de mercado y el marketing clasifican a la población de acuerdo a su nivel de estudios y las cantidades de bienes en el hogar, en los siguientes grupos: ABC1, C2, C3, D y E. (Tabla 12).

Según esta clasificación, el grupo ABC1 correspondería a la clase alta, C2 a la clase media alta, C3 a la clase media, D a la medio-baja, y E a la clase baja.

Tabla 12. Clasificación de la población en función de su estrato socioeconómico

		Nº CANTIDADES DE BIENES DEL HOGAR (Ducha + TV color + Refrigerador + Lavadora + Calefont+ Microondas + TV Cable o Satelital + PC + Internet + Vehículo)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NIVEL DE ESTUDIOS	Sin estudios	E	E	E	E	E	D	D	D	D	C3	C3
	Básica incompleta	E	E	E	E	E	D	D	D	C3	C3	C3
	Básica Completa	E	E	D	D	D	D	D	C3	C3	C3	C3
	Media incompleta	D	D	D	D	D	D	D	C3	C3	C3	C2
	Media Completa	D	D	D	D	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2
	Técnica incompleta	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	C2	C2	ABC1
	Técnica completa o universitaria incompleta	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	C2	ABC1	ABC1
	Universitaria	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	ABC1	ABC1	ABC1

Fuente: Adimark. Investigaciones de Mercado y Opinión Pública 2007

Las encuestas entregadas por el Ministerio de Energía aúnan los estratos socioeconómicos D y E. Por ello, el análisis correspondiente a la población de Coyhaique se hará en función de los siguientes cuatro tipos de clases.

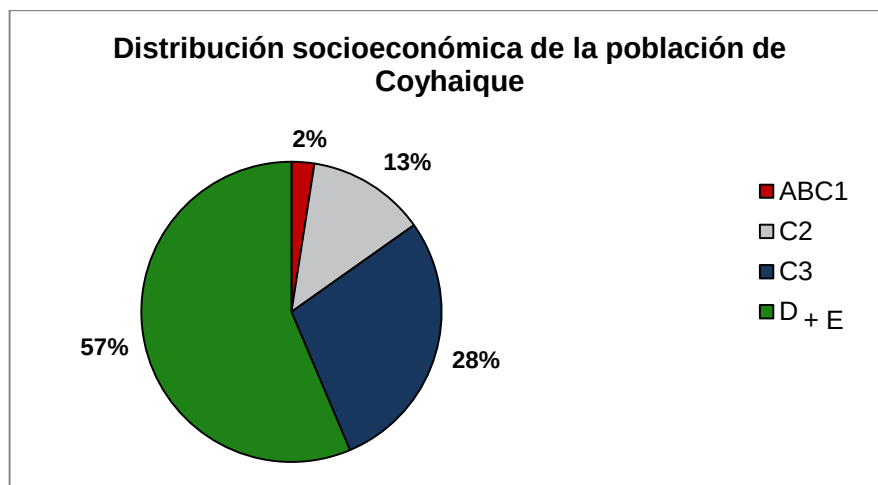


Gráfico 19. Distribución socioeconómica de Coyhaique

Fuente: Adimark. Investigaciones de Mercado y Opinión Pública 2007

Tal y como se puede observar, la mayoría de la población de Coyhaique (56%), es considerada de clase baja, mientras que tan sólo un 2% pertenece a la clase alta.

En cuanto al tipo de vivienda que ocupa la población según su nivel socioeconómico, la distribución sería la siguiente:

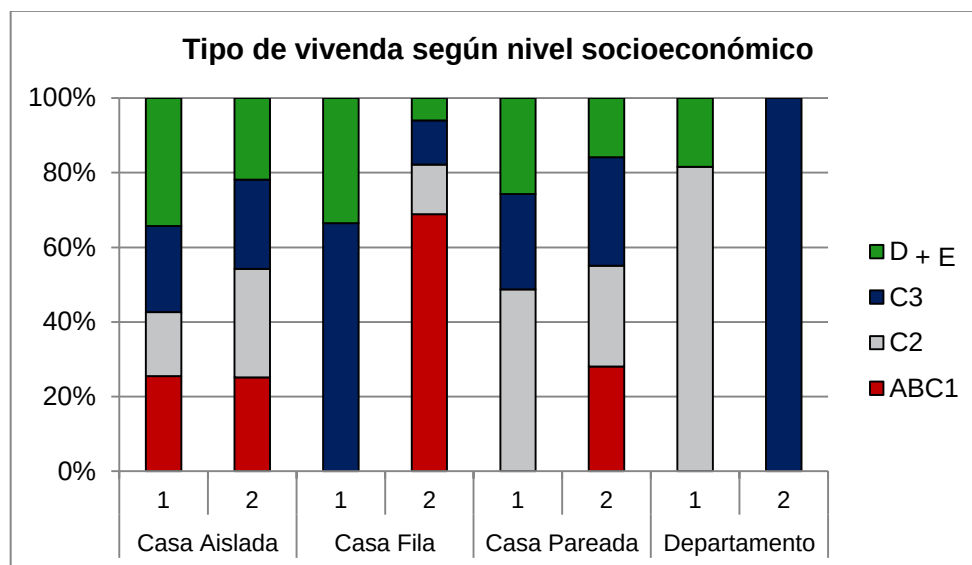


Gráfico 20. Nivel socioeconómico en Coyhaique según tipo de vivienda

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Obsérvese como, casi todos los niveles socioeconómicos, viven en todas las tipologías de viviendas, excepto el ABC1 que no vive en departamentos

La mayoría de los encuestados pertenecientes al nivel socioeconómico ABC1, viven en una casa en fila de 2 pisos, de un promedio de 75m². La gran mayoría de estas viviendas se construyeron antes de la entrada en vigor de la segunda RT y la materialidad preferida para este tipo de construcciones es la madera (67%) y la albañilería (33%).

El grupo C2, vive en todas las tipologías de vivienda, excepto en la casa fila de 1 piso, donde habitan mayoritariamente el grupo C3. Se trata de viviendas que se construyeron entre el 2001 y el 2007, posteriormente a la entrada en vigor de la primera RT.

Del mismo modo, la población perteneciente al grupo D+E se caracteriza por vivir en casi todas las tipologías de viviendas con porcentajes similares, donde destaca las casas aisladas de 1 piso. Estas viviendas se construyeron en su mayoría antes de la primera RT utilizando principalmente madera como material de construcción.

En el anexo 1 se presenta un resumen en el que se muestran todas las características de las viviendas típicas de Coyhaique, y sus porcentajes.

5. CLASIFICACIÓN DEL PARQUE DE VIVIENDAS

En este capítulo se va a clasificar el parque de viviendas con el fin de agrupar y estandarizar la variedad detectada hasta este punto.

Para ello se ha utilizado como guía el estudio del MINVU “Programa de inversión pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas”, que definía las tipologías según el coeficiente global de transferencia de calor (G_{V1}). Sin embargo, las tipologías de vivienda que determina este estudio no se corresponden con las detectadas en Coyhaique, por lo que se hará una clasificación en base a las características constructivas de la ciudad y posteriormente se compararán con las de la estudio del MINVU.

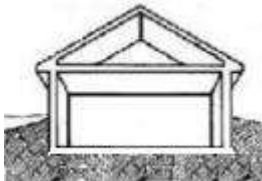
Luego de determinar las tipologías características de la ciudad de Coyhaique, se hará una proyección del parque de viviendas entre 2013 y 2025.

5.1 Clasificación del parque de viviendas

De la caracterización del parque de viviendas de Coyhaique realizada en el punto anterior, Creara ha definido las 6 tipologías que se consideran las más representativas de toda la ciudad y que han sido validadas por los arquitectos y las constructoras de la zona.

5.1.1.1 Vivienda aislada

Las características comunes para las viviendas aisladas tipo de 1 piso son:

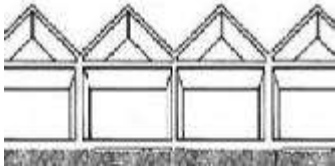
	Superficie	55-65 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Planchas de yeso cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	5 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
	Medianas	3 de madera
	Grandes	1 de madera

Las características comunes para las viviendas aisladas de 2 pisos son:

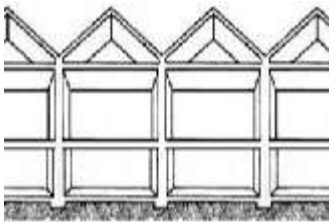
	Superficie	75 - 85 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Planchas de yeso cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	7 ventanas
	Pequeñas	3 de madera
	Medianas	3 de aluminio
	Grandes	1 de aluminio

5.1.1.2 Vivienda fila

Las características comunes para las viviendas fila de 1 piso son:

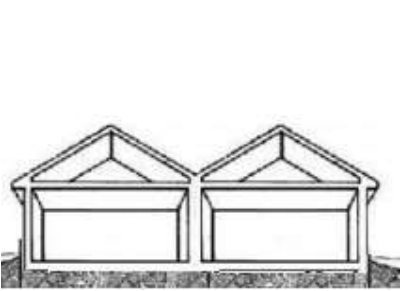
	Superficie	40 - 50 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera / tabiquería
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	4 ventanas
	Pequeñas	1 de acero
	Medianas	3 de acero
	Grandes	0 ventanas

Las características comunes para las viviendas fila de 2 pisos son:

	Superficie	35 - 45 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera / tabiquería
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	4 ventanas
	Pequeñas	2 de aluminio
	Medianas	2 de aluminio
	Grandes	0 ventanas

5.1.1.3 Vivienda pareada

Las características comunes para las viviendas pareadas de 1 piso son:

	Superficie	55 - 65 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera / tabiquería
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	5 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
	Medianas	3 de madera
	Grandes	0 ventanas

Las características comunes para las viviendas pareadas de 2 pisos son:

	Superficie	50 - 60 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Lana de vidrio
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	5 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
	Medianas	3 de aluminio
	Grandes	0 ventanas

5.2 Análisis comparativo con las tipologías propuestas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo

Como se comentaba en la introducción de este capítulo, a la hora de hacer la anterior clasificación se ha tenido en cuenta el estudio MINVU “Programa de inversión pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas”. Sin embargo, se observa que la clasificación dada en este estudio no es representativa para la ciudad de Coyhaique, por lo que en este apartado se realizará una equivalencia entre las tipologías propuestas por cada estudio.

La tipología 1 definida en el estudio del MINVU, corresponde a una casa pareada de un piso, con albañilería de ladrillos. Todas las tipologías de vivienda definidas para Coyhaique son de madera, por lo que no se ha encontrado una equivalencia entre ambos estudios.

El modelo 2 corresponde a una casa pareada de dos pisos, con albañilería de ladrillos de 32m². Como se comentaba en la tipología anterior, la mayoría de las viviendas de Coyhaique están construidas en madera, por lo que no hay una vivienda equivalente a la definida por el estudio del MINVU.

La tipología 3 hace referencia a una casa aislada con ventilación inferior sobre pilotes de 1 piso, y de madera. Las características son muy similares a las de la vivienda aislada de 1 piso de madera de este estudio, excepto en la ventilación inferior. Un gran porcentaje de las casas aisladas de Coyhaique no tienen ningún sistema de ventilación inferior ya que las características climáticas de la zona no lo hacen necesario.

El modelo de vivienda 4 es un departamento de 3 pisos de hormigón armado y albañilería reforzada a máquina. Debido al poco volumen de departamentos en Coyhaique, este tipo de construcción no se ha tenido en cuenta en el estudio.

Las tipologías 5 y 6 del estudio del MINVU corresponden a una casa aislada de 1 piso de albañilería, y a una casa pareada de 2 pisos de 81m². Como se comentó previamente, debido a la materialidad no se observan similitudes.

La tipología 7 define una casa pareada de 2 pisos, cuyos muros exteriores son de madera. Por lo descrito en este estudio, esta vivienda se asemeja a la casa pareada de dos pisos de madera descrita previamente.

El modelo 8 corresponde a una casa de 2 pisos mixta, con albañilería reforzada en el primer piso y madera en el segundo. No se observan similitudes.

Las tipologías 9 y 10 hacen referencia a departamentos. Como se decía anteriormente, no se ha tenido en cuenta esta tipología.

Tabla 13. Comparativa con tipologías del MINVU

	Casa Aislada		Casa Fila		Casa Pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Tipología 1	-	-	-	-	-	-
Tipología 2	-	-	-	-	-	-
Tipología 3	✓	-	-	-	-	-
Tipología 4	-	-	-	-	-	-
Tipología 5	-	-	-	-	-	-
Tipología 6	-	-	-	-	-	-
Tipología 7	-	-	-	-	-	✓
Tipología 8	-	-	-	-	-	-
Tipología 9	-	-	-	-	-	-
Tipología 10	-	-	-	-	-	-

Fuente: Estudio del MINVU y Creara

5.3 Definición del coeficiente global de transferencia de calor para cada tipología de vivienda definida

Para poder hacer una comparativa sobre el consumo energético de cada una de las viviendas definidas en el punto anterior, se va a determinar el coeficiente global de transferencia de calor (G_{V1}) para cada una de las tipologías.

Recuérdese que G_{V1} es la energía perdida por cada grado de diferencia de temperatura entre interior y exterior, por m^3 de volumen útil. Cabe mencionar que este coeficiente es propio de cada vivienda, por lo que los resultados obtenidos variarán en función de las características de la vivienda (mayor o menor superficie de muros, número de puertas, materialidad del cielo, etc.). Los resultados que se obtengan de la comparación de las tipologías, son aplicables únicamente a viviendas de características similares.

Al calcular el G_{V1} de la vivienda sólo se tendrán en cuenta aquellos elementos que estén en contacto con el ambiente exterior.

A continuación se presentan los valores de G_{V1} para cada tipología de vivienda. En el Anexo 3 se puede ver la materialidad, la transmitancia (U) y la resistencia térmica (R_T) global de los elementos de la envolvente de la vivienda.

En el caso del cálculo de las transmitancias, se han tenido en cuenta los siguientes supuestos:

- Tamaño de ventana: Pequeña (60cm x 40cm), mediana ((90cm x 100 cm), grandes (120cm x 120 cm).
- Tamaño de puerta: 80cm x 200cm + 4cm de marco por cada lado.
- Materialidad de la puerta: Pino

Tabla 14. Valores de G_{V1} para cada tipología de vivienda

		$U_i \cdot S_i + K_L \cdot L$ (W/K*m ²)+(W/K*m)	V (m ³)	G_{V1} (W/m ³ *K)
Vivienda aislada	1 piso madera	201,77	233,75	0,86
	2 pisos madera	251,03	290,00	0,87
Vivienda fila	1 piso madera	150,03	191,25	0,78
	2 pisos madera	179,73	145,00	1,24
Vivienda pareada	1 piso madera	182,13	255,00	0,71
	2 pisos madera	173,66	190,00	0,91

Fuente: Creara

Como puede observarse, el valor de G_{V1} de una vivienda está directamente relacionado con su volumen y con el valor de la U de todos sus elementos. En el capítulo 6 se verá cómo afecta el valor de G_{V1} a la demanda y al consumo energético de las viviendas.

5.4 Proyección del parque de viviendas según la tipología definida

En este punto del estudio se proyectará el parque de viviendas entre los años 2013 y 2025, según las 6 tipologías definidas anteriormente.

Como en apartados anteriores, la proyección se ha realizado de acuerdo a tres escenarios. Uno optimista, uno base y uno pesimista que están relacionados con la evolución de la tasa de jefes de hogar y de las segundas residencias.

La proyección del 100% de las viviendas de Coyhaique, de acuerdo a lo expuesto y establecido en el apartado 5.1 del presente informe, se puede ver en la tabla 7.

La proyección de las distintas tipologías de viviendas se calculará a partir del porcentaje de cada tipo de vivienda en Coyhaique, obtenido en las encuestas recibidas por el Ministerio de Energía. Si bien este método pudiera no parecer exacto ya que las preferencias constructivas varían en función de la época, tras preguntar a varios arquitectos sobre la tendencia constructiva actual y la que preveían a futuro, han contestado que no evidencian variaciones significativas en el modelo de construcción de Coyhaique hasta 2025.

Hay que remarcar que estas 6 tipologías corresponden al 98% de las viviendas de Coyhaique, por lo que los datos resultantes representarán el 98% del parque total de viviendas.

A continuación se exponen las tablas en las que se puede observar la evolución de las distintas tipologías de viviendas definidas, a lo largo de los distintos escenarios establecidos.

Escenario base

Tabla 15. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario base

	Casa Aislada		Casa Fila		Casa Pareada		Total
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	
2012	8.515	3.425	555	555	2.406	3.054	18.511
2013	8.610	3.463	562	562	2.433	3.088	18.718
2014	8.696	3.497	567	567	2.458	3.119	18.904
2015	8.786	3.534	573	573	2.483	3.152	19.101
2016	8.894	3.577	580	580	2.514	3.190	19.335
2017	8.996	3.618	587	587	2.542	3.227	19.558
2018	9.094	3.657	593	593	2.570	3.262	19.769
2019	9.187	3.695	599	599	2.596	3.295	19.972
2020	9.271	3.728	605	605	2.620	3.325	20.153
2021	9.389	3.776	612	612	2.653	3.368	20.411
2022	9.514	3.826	620	620	2.689	3.413	20.683
2023	9.646	3.879	629	629	2.726	3.460	20.970
2024	9.785	3.935	638	638	2.765	3.510	21.273
2025	9.932	3.994	648	648	2.807	3.563	21.591

Fuente: Creara

Escenario optimista

Tabla 16. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario optimista

	Casa Aislada		Casa Fila		Casa Pareada		Total
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	
2012	8.515	3.425	555	555	2.406	3.054	18.511
2013	8.620	3.467	562	562	2.436	3.092	18.740
2014	8.716	3.505	568	568	2.463	3.126	18.948
2015	8.817	3.546	575	575	2.492	3.163	19.167
2016	8.936	3.594	583	583	2.525	3.205	19.425
2017	9.049	3.639	590	590	2.557	3.246	19.672
2018	9.157	3.683	597	597	2.588	3.285	19.907
2019	9.262	3.725	604	604	2.618	3.322	20.135
2020	9.357	3.763	610	610	2.644	3.356	20.342
2021	9.488	3.816	619	619	2.681	3.403	20.626
2022	9.625	3.871	628	628	2.720	3.453	20.925
2023	9.770	3.929	637	637	2.761	3.505	21.240
2024	9.923	3.991	647	647	2.804	3.559	21.572
2025	10.083	4.055	658	658	2.850	3.617	21.921

Fuente: CreaRa

Escenario pesimista

Tabla 17. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario pesimista

	Casa Aislada		Casa Fila		Casa Pareada		Total
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	
2012	8.515	3.425	555	555	2.406	3.054	18.511
2013	8.600	3.459	561	561	2.430	3.085	18.696
2014	8.675	3.489	566	566	2.452	3.112	18.860
2015	8.755	3.521	571	571	2.474	3.140	19.033
2016	8.852	3.560	577	577	2.502	3.175	19.244
2017	8.943	3.597	583	583	2.528	3.208	19.442
2018	9.029	3.631	589	589	2.552	3.239	19.629
2019	9.111	3.664	594	594	2.575	3.268	19.808
2020	9.183	3.693	599	599	2.595	3.294	19.964
2021	9.290	3.736	606	606	2.625	3.332	20.195
2022	9.402	3.781	613	613	2.657	3.373	20.440
2023	9.522	3.829	621	621	2.691	3.415	20.699
2024	9.648	3.880	629	629	2.727	3.461	20.973
2025	9.781	3.934	638	638	2.764	3.508	21.262

Fuente: CreaRa

6. GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

El fin de este capítulo es determinar la cantidad de energía necesaria para mantener una temperatura confortable dentro de la vivienda, para cada una de las tipologías propuestas anteriormente.

Para ello, en primer lugar se calculará la demanda energética (Q), y teniendo en cuenta este dato y el rendimiento del sistema de calefacción, se hallará el consumo energético teórico (C).

En el cálculo de la demanda de energía (Q) se ven involucrados no sólo los elementos de la envolvente térmica y sus superficies (muros, cielos, pisos, puertas y ventanas), sino también factores como el número de renovaciones de aire por hora, la velocidad del viento y los grados día de la zona térmica donde se ubique la vivienda. Por ello, los resultados serán aplicables únicamente a viviendas con características constructivas y climáticas similares. No se van a tener en cuenta los posibles aportes calóricos generados por las personas o los artefactos del hogar.

Q se calcula a partir del coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales (G_{v2}), que a su vez depende del coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas por transmisión de envolvente (G_{v1}), ya calculado en el punto 5.3 del capítulo 5.

Asimismo, se ha considerado interesante calcular la Q para cada tipo de vivienda, en dos situaciones distintas. Una para aquellas casas construidas antes de 2007 que no cumplieran las exigencias mínimas establecidas para aislación de muros, techos, pisos y ventanas en la RT de 2007, y otra para las construidas después de ese año cuando sí se cumplimentaban estos requisitos.

Luego de determinar Q , se calculará el consumo teórico de energía (C) mediante la aplicación del rendimiento del sistema de calefacción, en las dos situaciones planteadas anteriormente. Esto permitirá conocer el ahorro energético en el caso de que viviendas antiguas se remodelen para cumplir con la RT de 2007. Estas modificaciones serán cuantificadas económicamente en el capítulo 7.

6.1 **Determinación de la demanda energética de las viviendas**

Como se comentaba anteriormente, el cálculo de Q depende principalmente de las características de la envolvente y de la zona térmica en la que se encuentre la vivienda.

A continuación se introducirán una serie de conceptos necesarios para el cálculo de Q .

6.1.1.1 **Velocidad del viento**

En el caso de Coyhaique la velocidad del viento es de 12,13 km/h anuales, según datos extraídos del SINCA (*Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire*), por lo que le corresponde un valor de R_{se} de 0,0 m²*K/W.

6.1.1.2 **Renovaciones de aire**

Tenido en cuenta tanto el efecto del uso de los distintos recintos que conforman la vivienda, como la velocidad del viento de Coyhaique se va a establecer un valor de renovación de aire $n=2$, que se cree representativo para la mayoría de las viviendas de Coyhaique.

6.1.1.3 **Grados día**

Los grados día de calefacción requeridos para lograr el confort térmico, con una temperatura base de 15°C, aumentan a medida que la vivienda se ubica más al sur. En el caso de Coyhaique los grados día establecidos según <http://www.degreedays.net> son 2.334.

Con los conceptos presentados anteriormente, se procede a calcular la demanda energética para cada una de las tipologías de vivienda establecidas.

Como se comentaba anteriormente, la mayoría de las viviendas de Coyhaique se han construido antes de que entrase en vigor la RT de 2007. Por ello, se calculará el valor de Q considerando dos escenarios:

- **Viviendas construidas antes de 2007:** no cuentan con la aislación térmica exigida en la actualidad.
- **Viviendas construidas después de 2007:** cumplen con las exigencias mínimas establecidas en la RT (Tabla 2), en todos los elementos de la envolvente.

Según estas consideraciones, se presenta en las siguientes tablas la demanda energética de cada uno de los tipos de vivienda:

Tabla 18. Valores de Q para viviendas construidas antes de 2007

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
G_{V1} (W/m ³ K)	0,86	0,87	0,78	1,24	0,71	0,91
G_{V2} (W/m ³ K)	1,56	1,57	1,48	1,94	1,41	1,61
Q (kWh/año)	20.468	25.433	15.903	15.753	20.201	17.178

Fuente: Creara

Puede resultar extraño que la casa pareada de 2 pisos tenga menor demanda energética (Q) que la de 1 piso. Sin embargo, es debido a que según las encuestas proporcionadas por el Ministerio de Energía, las viviendas de 1 piso no tienen ningún material aislante en muros, mientras que las que tienen dos pisos tienen lana de vidrio, que evita pérdidas de calor al exterior. Por otro lado, se observa que las viviendas que más calor demandan, son las aisladas de dos pisos. Esto es muy común ya que, además de no tener sus muros aislados son las que mayor superficie presentan.

Tabla 19. Valores de Q para viviendas construidas después de 2007

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
G_{V1} (W/m ³ K)	0,53	0,57	0,45	0,75	0,42	0,57
G_{V2} (W/m ³ K)	1,23	1,27	1,15	1,45	1,12	1,27
Q (kWh/año)	16.157	20.562	12.358	11.758	16.030	13.489

Fuente: Creara

Al llevar las viviendas a cumplimentar la RT, se sigue observando que las casas pareadas de 1 piso tienen una demanda energética (Q) mayor que las de 2 pisos. Si bien la RT de 2007 establece unas exigencias mínimas de transividad (U) y resistencia térmica (R_T) en muros, en el caso de Coyhaique las viviendas pareadas de un piso de madera, que es un gran aislante térmico, cumplen estos requerimientos. Por ello, en ninguno de los casos es necesario instalar un aislante adicional en muros.

El siguiente gráfico representa la Q de cada una de las tipologías de vivienda antes y después de la entrada en vigor de la segunda RT en el año 2007.

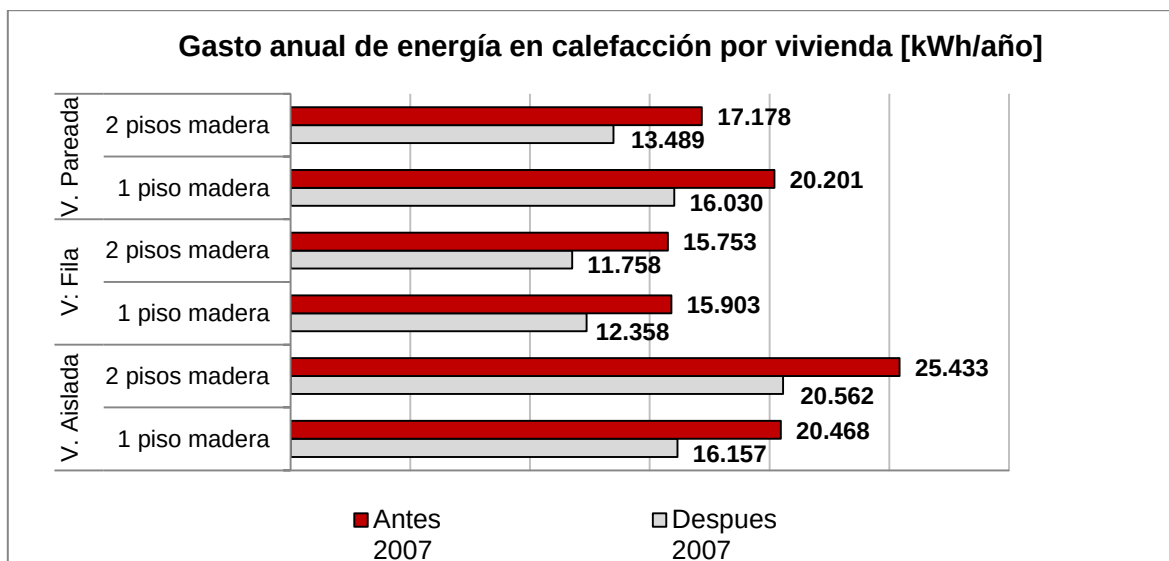


Gráfico 21. Demanda energética en Coyhaique antes y después de 2007

Fuente: Creara

Los ahorros de energía derivados de la implementación en viviendas de las exigencias mínimas establecidas en la actual RT, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20. Ahorros de Q tras implementar las exigencias mínimas de la RT de 2007

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera
Ahorro (kWh/año)	21%	19%	22%	25%	21%	21%

Fuente: Creara

Se observa puede observar que todas las viviendas presentan un ahorro energético muy similar. En las casas fila es ligeramente más significativo debido a que ninguna de las dos presentaba aislante en los muros, y su adición hace que el ahorro sea superior. De los datos obtenidos, se puede extraer que la implantación de los estándares de aislación térmica de la RT de 2007, generarían un ahorro promedio de la demanda energética del 22% en la ciudad de Coyhaique.

6.2 Estimación de la demanda energética del parque de viviendas existente y proyectado

Una vez obtenida la Q de cada una de las tipologías de vivienda definidas para Coyhaique, se calculará cuáles son las necesidades energéticas de toda la ciudad.

Como se vio anteriormente, las demandas energéticas de las viviendas construidas antes y después de 2007 varían en la mayoría de las tipologías, por ello se han tenido en cuenta ambos datos a la hora de la estimación de la demanda energética del parque existente y proyectado a 2025.

Cabe destacar que la demanda energética Q se ha determinado en base a las 6 tipologías de viviendas mencionadas anteriormente, que representan el 98% del total de de las viviendas de Coyhaique, En el Anexo 3 se pueden observar los cálculos realizados por tipología de vivienda.

Tabla 21. Estimación de la demanda del parque de viviendas proyectado

	Demanda (GWh)		
	Escenario Base	Escenario Optimista	Escenario Pesimista
2012	326	326	326
2013	329	329	328
2014	331	332	331
2015	334	335	333
2016	337	339	336
2017	341	342	339
2018	344	346	342
2019	346	349	344
2020	349	352	346
2021	353	356	350
2022	357	360	353
2023	361	364	357
2024	365	369	361
2025	369	374	365

Fuente: CreaRa

En el gráfico que se presenta a continuación se puede observar la variación de la Q en función de las estimaciones de población y de viviendas en los tres escenarios, que se hicieron en capítulos anteriores.

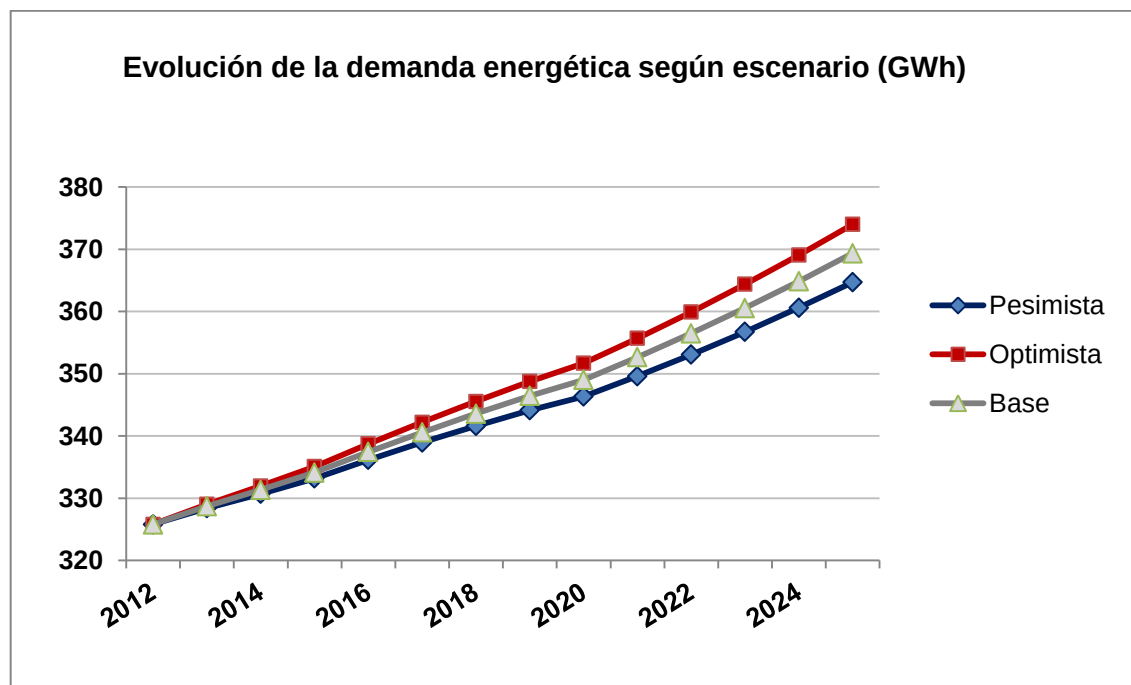


Gráfico 22. Evolución de la demanda energética en Coyhaique según escenario

Fuente: Creara

Como es evidente, el número de viviendas está directamente relacionado con la demanda energética del sector residencial de Coyhaique. Se observa que si el escenario real es similar al base, la demanda energética ascenderá a 369 GWh en 2025, si lo es al escenario optimista llegará a los 374 GWh, y en el caso de ser pesimista a los 365GWh.

6.3 Determinación del consumo energético teórico de las viviendas

El consumo energético teórico (C) de las viviendas es el gasto energético que realmente tiene el edificio. Depende fundamentalmente de las pautas de comportamiento de las personas que vivan en la casa y del rendimiento de los equipos.

Debido a que el rendimiento del equipo de calefacción no es del 100%, la demanda energética de las viviendas será inferior al consumo real. Los rendimientos se expresan siempre en valores de tanto por uno.

En el caso de este estudio, y para seguir en concordancia con el “Estudio de usos finales y curva de Oferta y conservación de la energía en el sector residencial de Chile” del Ministerio de Energía, se considerará un sistema de calefacción por defecto con un rendimiento del 0,65.

Del mismo modo que ocurría con Q , el consumo teórico se ha calculado en base al 98% del total de las viviendas de Coyhaique, que corresponden a las 6 tipologías definidas anteriormente. En el Anexo 3 se pueden observar los cálculos realizados por tipología de vivienda.

Tabla 22. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado

	Consumo (GWh)		
	Escenario Base	Escenario Optimista	Escenario Pesimista
2012	501	501	501
2013	506	506	505
2014	510	511	509
2015	514	516	513
2016	519	521	517
2017	524	526	521
2018	529	532	526
2019	533	537	529
2020	537	541	533
2021	543	547	538
2022	548	554	543
2023	555	561	549
2024	561	568	555
2025	568	575	561

Fuente: Creara

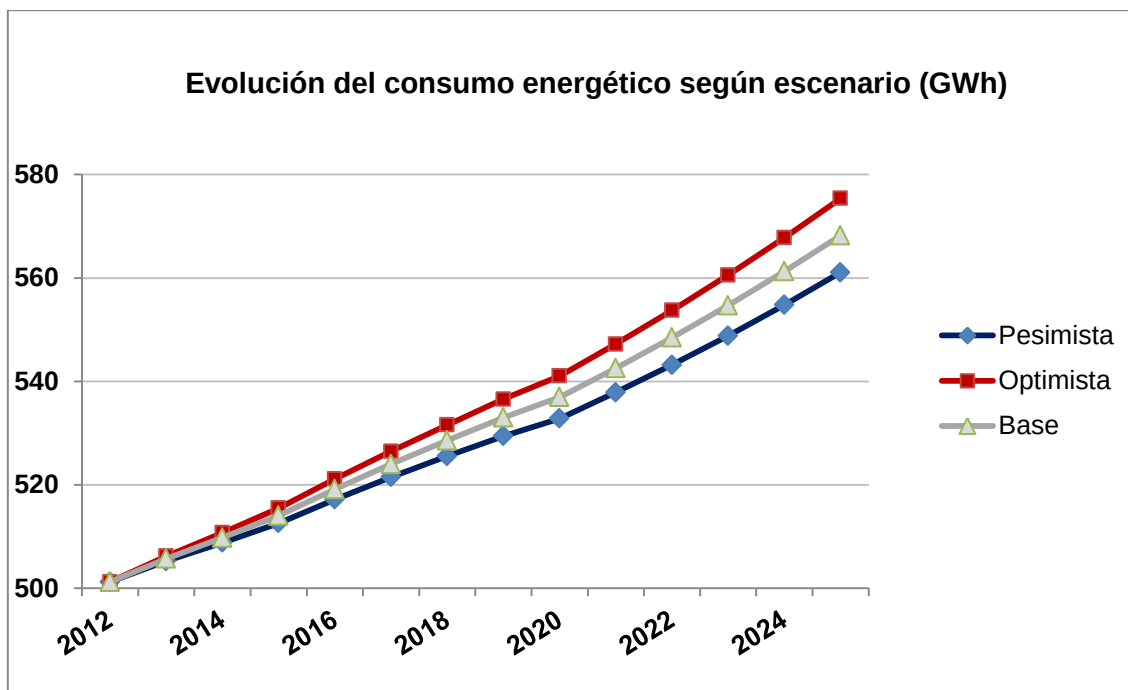


Gráfico 23. Evolución del consumo energético en Coyhaique según escenario

Fuente: Creara

Los cálculos ofrecen los siguientes resultados para el 98% de las viviendas de Coyhaique: en el caso de que el escenario real sea similar al escenario considerado base, el consumo energético ascenderá a 568 GWh en 2025, si lo es al escenario optimista llegará a los 575 GWh, y en el caso de ser pesimista a los 561 GWh.

6.4 Comparación con consumos de energía de Coyhaique

En este punto, se ha visto coherente comparar los resultados obtenidos del consumo energético teórico calculados en los puntos anteriores mediante la transmitancia de la envolvente térmica, con los datos de consumo real de la ciudad de Coyhaique proporcionados por las encuestas realizadas por el Ministerio de Energía, para el estudio “Estudio de usos finales y curva de la oferta de conservación de la energía del sector residencial de Chile”.

Dicha encuesta recoge, para 204 viviendas de Coyhaique, los consumos reales promedio de calefacción obtenidos a partir de facturas. Se han extrapolado los datos ofrecidos por estas encuestas al total de las viviendas de Coyhaique en 2010 (17.953) y el total de la demanda energética en 2010 para calefacción ha ascendido a 652GWh.

Tabla 23. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado en Coyhaique a partir de la transmitancia (2013)

	Optimista	Base	Pesimista
GWh/año	506	506	505

Fuente: CreaRa

Por otro lado, el consumo teórico calculado a partir de las transmitancias de los elementos de la envolvente de la vivienda en 2013 es de 506 GWh en el escenario base. Nótese que el primer valor resultante de las facturas es de 2010, mientras que los datos calculados a partir de la transmitancia son de 2013. Por ello, para poder comparar ambos valores, se calculará la tasa de variación entre 2010 y 2013 y se aplicará al consumo estimado para 2010, lo que da un valor total de 652 GWh.

Estos datos conllevan una diferencia aproximada de 156 GWh entre el consumo estimado y el extrapolado real, por lo que se podría concluir que en Coyhaique existe un sobreconsumo de la energía. Sin embargo, recuérdese que el valor resultante del consumo calculado a partir de la transmitancia, tiene en cuenta un rendimiento del sistema de calefacción del 0.65 por lo que el consumo variará en función de este valor. En cualquier modo, sería recomendable enfocar esfuerzos en aplicar medidas relacionadas con la educación de la población en eficiencia energética para disminuir el consumo no necesario.

7. MEDIDAS DE MEJORA DE AISLACIÓN TÉRMICA

Tras el análisis de las encuestas enviadas por el Ministerio de Energía, se extrae que en Coyhaique el punto más crítico de consumo energético es la calefacción, por lo que se ha considerado que para mejorar en este punto, es necesario implementar medidas de eficiencia energética referidas a la mejora de la aislación térmica de la vivienda con el fin de disminuir el flujo de calor a través de la envolvente.

En este capítulo CreaRa determina y evalúa una serie de medidas de aislación térmica que serán evaluadas para cada una de las tipologías de vivienda establecidas. Se ha planteado una primera batería de medidas que consiste en llevar a las viviendas que no cumplen con la actual RT a cumplir los requisitos mínimos establecidos en ella. Estas medidas están basadas en la actuación sobre techos y suelos, ya que los muros de las viviendas tipo sí dan cumplimiento a la RT. La segunda tanda de medidas se implementará en aquellas viviendas posteriores a 2007, que sí dan cumplimiento a la RT de 2007.

La evaluación de estas medidas incluye la identificación del costo unitario de inversión, de mantención, y de mano de obra, la eficiencia de aislación y el periodo de retorno simple o periodo de recuperación de la inversión. En este punto es necesario remarcar que en Coyhaique un 91% del total de la energía consumida proviene de la leña. La especie más usada en Coyhaique, según las principales ventas de los comerciantes certificados para vender leña certificada, es la Lenga. Por ello, los ahorros tanto económicos como energéticos se harán en base a esta especie.

Posteriormente se evalúa cada medida de aislación térmica en cada una de las tipologías de viviendas identificadas, evaluando la factibilidad de ser aplicadas.

Por último se compararán los resultados del análisis con implementaciones reales de aislación térmica en Chile.

7.1 Medidas de aislación térmica

En la aplicación de medidas primero se evaluará la factibilidad de llevar a las viviendas de antes de 2007 a cumplir con las exigencias de la actual RT, y posteriormente se evaluarán una serie de medidas relacionadas con las ventanas y con el aislamiento de tuberías y conductos de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción, para aquellas viviendas que cumplimentan la RT.

A continuación se muestran las nueve medidas de eficiencia energética definidas, relativas a la aislación térmica de las viviendas.

Tabla 24. Medidas de aislación térmica de la envolvente

Medida 1	Cumplir las exigencias de la RT de 2007. Techumbre
Medida 2	Cumplir las exigencias de la RT de 2007. Piso
Medida 3	Cumplir las exigencias de la RT de 2007. Muro
Medida 4	Cambio de ventanas simples por termopanel (doble vidriado hermético)
Medida 5	Cambio de ventanas simples por termopanel Low-E* (doble vidriado hermético)
Medida 6	Instalación de ventanas de doble marco
Medida 7	Instalación de cortinas <i>blackout</i>
Medida 8	Aislamiento de tuberías y conductos
Medida 9	Sellado de infiltraciones

* Termopanel LOW-E: Doble vidriado hermético formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica LOW-E.

Tras las encuestas realizadas a arquitectos y consultoras, se determinó que los materiales más usados para el aislamiento son el poliestireno expandido y la lana de vidrio. Finalmente, en el caso del cielo se optó por la lana de vidrio, ya que la mayoría de casas de Coyhaique con aislamiento en techumbre tenían este material, por lo que sólo habría que añadir otra capa con el espesor necesario, que proporcionase el aislamiento deseado.

En cuanto al espesor del aislante, la RT establece dos maneras para determinarlo una es mediante el R_{100} del aislante y otra por la U total del elemento. En este caso se estudiará mediante la U de cada elemento, cuya variación tras aplicar las medidas, dará como resultado un nuevo consumo energético (C).

Los costos tanto de los materiales como de la mano de obra se han extraído de la herramienta “Generador de costos” creada por CYPE Ingenieros, que permite obtener costos para obra nueva y rehabilitación, con las previsiones de costos ajustadas al máximo a la realidad. Es un camino directo para llegar al costo real del proyecto, ya que permite la obtención de costos de construcción ajustados al mercado.

A continuación se muestra una tabla con las características económicas de cada una de las medidas.

Tabla 25. Características de las medidas de aislación térmica de la envolvente

	Costo Unitario (\$/m ²)	Costo de inversión ⁽¹⁾ (\$/m ²)	Costo de mantención 10 años (\$)	% eficiencia de aislación	Vida útil (años)
Medida 1	39.047	39.278	-	5%	La vida del edificio
Medida 2	47.624	52.856	-	8%	La vida del edificio
Medida 3	3.049	3.731	-	9%	La vida del edificio
Medida 4	103.881	125.253	24.095	6%	La vida del edificio
Medida 5	154.815	175.498	38.610	8%	La vida del edificio
Medida 6	66.785	76.790	16.894	7%	La vida del edificio
Medida 7	36.577	51.577	-	8%	20 años
Medida 8	2.252	3.045	149	40%*	5 años
Medida 9	448	448	448 (bianual)	10%	2 años

⁽¹⁾ El costo de inversión representa la suma del costo unitario del elemento o equipo a instalar, la mano de obra y el costo de retiro derivado de la retirada del equipo o elemento a sustituir, en caso de ser necesaria.

* 40% de las pérdidas de calor producidas a través de tuberías y conductos de ACS y calefacción.

Fuente: Creara

Como se puede observar, a simple vista parece que la medida más eficiente es la medida 9, que conlleva la de burletes para evitar la filtración de aire a través de ventanas y puertas. Conlleva un costo de 448 \$/m² y una vida útil de dos años. Más adelante se evaluarán las medidas para cada tipo de vivienda. Por otro lado, aunque la medida 8 experimente unos ahorros elevados, cabe decir que en Coyhaique en muchos casos no es una medida implementable ya que, debido a las bajas temperaturas, pocas tuberías se encontrarán al exterior.

A continuación se expondrá una tabla en la que se puede ver la compatibilidad de las medidas propuestas:

Tabla 26. Compatibilidad de las medidas propuestas

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Medida 6	Medida 7	Medida 8	Medida 9
Medida 1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 2	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 3	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 4	✓	✓	✓		✗	✗	✓	✓	✗
Medida 5	✓	✓	✓	✗		✗	✓	✓	✗
Medida 6	✓	✓	✓	✗	✗		✓	✓	✗
Medida 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Medida 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Medida 9	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	

Fuente: Creara

Tabla 27. Compatibilidad de las medidas propuestas con la tipología de vivienda

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Medida 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 9	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Creara

Como se puede observar, las medidas propuestas son aplicables a todas las tipologías de viviendas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la medida 8 es sólo es aplicable en aquellas viviendas cuyas tuberías y conductos de ACS (agua caliente sanitaria) y calefacción, estén en contacto con el ambiente exterior.

7.2 Medidas para cumplir las exigencias de la RT de 2007

Con esta primera medida lo que se pretende es que aquellas viviendas construidas antes de 2007, mejoren sus características de la envolvente térmica para cumplir con las exigencias mínimas de la normativa de 2007.

Tabla 28. Exigencias mínimas de U y R_T según la RT de 2007, para la zona térmica 7

	Techos		Muros		Pisos	
	U	R_T	U	R_T	U	R_T
Zona 7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Fuente: Manual de aplicación de la reglamentación técnica

El estudio “Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final”, elaborado para el Ministerio de Energía y el MINVU, determina la importancia de aislar el techo en mayor medida que los muros, ya que el flujo térmico a partir del primero es mayor. En este caso existe una gran variación en el flujo térmico durante los primeros 50mm, tendiendo a mantenerse constante a partir de este valor. La RT de 2007 exige un valor de aislación de techumbre que asegure que el flujo térmico de este complejo sea menor de 0,25 (W/Km²). (Los cálculos relacionados con las medidas propuestas para cumplir con la RT se encuentran en el Anexo 4)

7.2.1.1 Aislación de techumbres

El complejo de techumbre está compuesto en el caso de todas las viviendas por, por yeso de cartón (10mm), lana de vidrio (40mm) y listones de madera de pino (30mm). Los espesores de los materiales provienen de las encuestas recibidas por arquitectos y constructoras de la ciudad de Coyhaique y estudios como “Aprovechamiento energético en viviendas habitacionales para tres zonas climáticas de Chile”, o el “Programa de Inversión Pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas de Chile”. En estos dos últimos casos se han cogido los espesores de la zona térmica 7, correspondiente a Coyhaique. La U de este complejo es de 0,68, y como se puede observar en la tabla 28, no cumple con las exigencias mínimas de 0,25 W/Km². En este caso, se plantea añadir el espesor suficiente de lana de vidrio o poliestireno para que la transmitancia del techo se encuentre dentro de los valores mínimos exigidos por la RT de 2007.

Como se comentaba anteriormente, existen dos maneras de determinar el espesor mínimo que debe tener la capa de aislante para cumplir los valores determinados por la RT de 2007:

- Por medio del R_{100} del material aislante, cuya fórmula es la que se expone a continuación:

$$e_{aisl} = \left(\frac{R_{100} * \lambda}{100} \right)$$

Donde

R_{100} : Sus valores vienen determinados en el Manual de aplicación de la RT. O.G.U.C. Art. 4.1.10

- Por medio de los valores de U a los que se desea llegar: basta con aplicar la siguiente expresión:

$$e_{aisl} = \lambda_{aisl} * \left(\frac{1}{U} - R_{si} - R_{se} - \frac{e_{mat}}{\lambda_{mat}} \right)$$

En este caso los cálculos se realizarán por medio de los valores de la transmitancia (U). De la fórmula anteriormente mostrada, se obtiene que en el caso de una vivienda en Coyhaique con las características de techumbre mencionadas anteriormente, el espesor del aislante debe ser:

Tabla 29. Espesor mínimo de lana de vidrio en techumbre para cumplir la RT de 2007

Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m2/W]	Rsi [K*m2/W]	Rse [K*m2/W]	RT [K*m2/W]	UTECH O [W/K*m2]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	0,09	0,00	4,11	0,24
Lana de vidrio	0,14	0,04	3,68				
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29				

Fuente: Creara

Como puede observarse, la transmitancia obtenida con estos espesores es ligeramente inferior que la exigida por la RT de 2007. El ahorro en el consumo energético (C) que se derivaría de la implementación de esta medida en casas, es el siguiente:

Tabla 30. Ahorro de C. Medida 1

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C [kWh/año] sin RT	31.489	39.127	24.467	24.236	31.079	26.427
C [kWh/año] con RT	29.441	37.638	22.791	23.491	28.845	25.124
Ahorro %	7%	4%	7%	3%	7%	5%

Fuente: Creara

Se puede observar como todas las tipologías de viviendas presentan unos ahorros muy similares, que oscilan desde el 3% hasta el 7%.

Los costos que conlleva la implementación de esta medida se presentan a continuación:

Tabla 31. Costos. Medida 1

	Situación actual	Medida 1
	Lana de vidrio de 40mm	Adición de lana de vidrio 100mm
U_{TECHUMBRE} [W/K*m²]	0,68	0,24
Valor unitario (\$)	-	39.498
Costo de retiro (\$/m²)	-	-
Mano de obra (\$/m²)	-	682
Total (\$/m²)	-	39.728
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	-

Fuente: Creara

Los costos derivados del retiro del material no se tendrán en cuenta, ya que únicamente será necesaria la adición de una capa más de lana de vidrio. Para dichos materiales no se han obtenido costos de mantenimiento a 10 años.

A continuación se muestra cuál es el costo final de la aplicación de la medida 1. Cabe mencionar que en Coyhaique, aproximadamente un 91% de la energía usada en calefacción proviene de la quema de leña de Lengua. Por ello, los ahorros económicos se han visto referidos a este combustible.

Tabla 32. Evaluación. Medida 1

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Costo Total (\$)	2.185.049	1.589.126	1.787.767	794.563	2.383.690	1.390.486
Ahorro (kWh/año)	2.048	1.489	1.675	745	2.234	1.303
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Ahorro Lenga (kg/año)	488	355	399	177	532	310
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	26.318	19.140	21.533	9.570	28.711	16.748
PRS (años)	83	83	83	83	83	83

Fuente: Creara

Como se mencionó anteriormente, el periodo de retorno simple (PRS) está relacionada con la inversión y el ahorro. En este caso, los ahorros generados son proporcionales al costo total en todos los casos. Es por ello que todos los PRS son iguales.

Para el cálculo del PRS no se ha tenido en cuenta el mantenimiento decanual.

A continuación se muestra un gráfico en la que se puede evidenciar la evolución de la transmitancia del cielo en función del espesor del aislante.

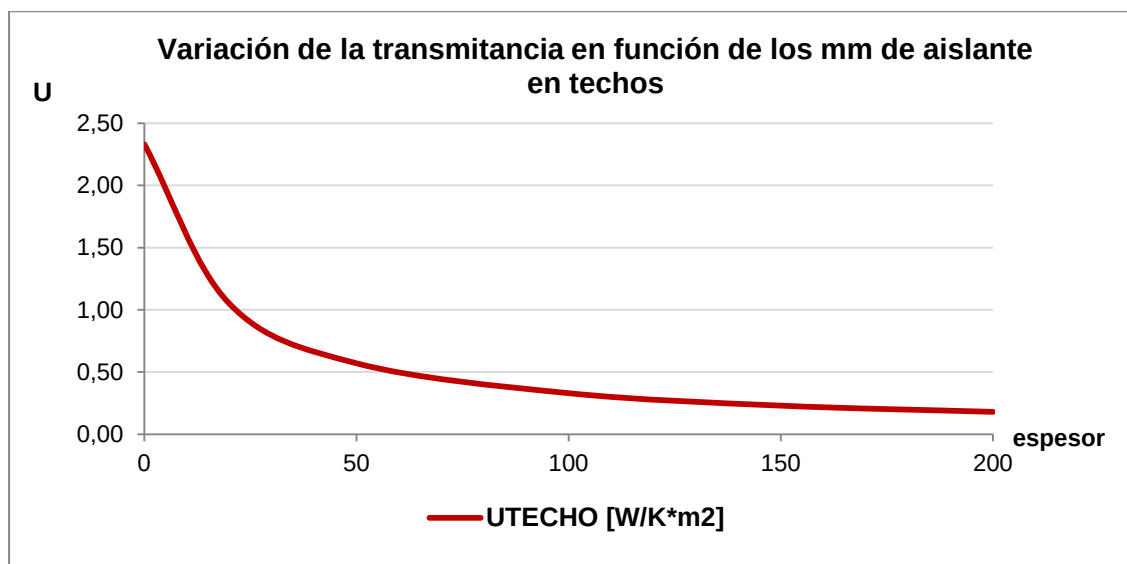


Gráfico 24. Evolución de la transmitancia en función del espesor del aislante del cielo

Fuente: Creara

Como se observa, el máximo decrecimiento de la transmitancia se encuentra al añadir los primeros milímetros de espesor, llegando un punto en el que la disminución de U se ve poco influenciada por el factor espesor.

7.2.1.2 Aislación de pisos

Otro punto importante a cumplir en la RT de 2007 es la aislación del piso de las viviendas ya que es una zona donde se produce gran cantidad de flujo térmico.

En este caso, y debido al costo elevado y la complejidad que tendría la instalación de un aislante, lo que se ha planteado es una rehabilitación energética de la solera en contacto con el terreno, sustituyendo el hormigón armado por un sistema de aislamiento térmico por la cara superior del piso existente. Dicho sistema está formado por un panel rígido de poliestireno extruido, por una barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad, por una capa de nivelación de 50 mm de espesor, por mortero autonivelante de cemento, y por un piso de baldosas cerámicas de gres.

Tabla 33. Sistema de aislamiento térmico del piso para cumplir la RT de 2007

Elemento	λ [W/m*K]	R_T [K*m ² /W]	U_{PISO} [W/K*m ²]
Poliestireno extruido	0,03	3,10	0,32
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad			
Mortero de cemento			
Baldosa de cerámica			

Fuente: Creara

La U de este complejo es de 0,32 W/m²K, valor exigido en la normativa de 2007.

En cuanto al ahorro de la demanda energética:

Tabla 34. Ahorro de C. Medida 2

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C [kWh/año] sin RT	31.489	39.127	24.467	24.236	31.079	26.427
C [kWh/año] con RT	29.278	37.102	22.219	21.896	28.886	24.505
Ahorro %	7%	5%	9%	10%	7%	7%

Fuente: Creara

Tal y como muestra la tabla anterior, las casas fila de dos pisos son las que presentan un mayor ahorro derivado del cambio de piso por otro más aislante. Por el contrario, las que menos ahorro presentan son las viviendas aisladas de dos pisos. Esto es debido a que es la vivienda con mayor volumen, por lo que, porcentualmente, el ahorro será menor.

La siguiente tabla muestra cuáles son los costos derivados de la implementación de dicha medida por m² de piso:

Tabla 35. Costos. Medida 2

	Situación actual	Medida 2
	Piso $K_L=1,4 \text{ W/K}\cdot\text{m}$	Sistema de aislamiento de piso
$K_L \text{ PISO (W/K}\cdot\text{m) o } U_{\text{PISO [W/K}\cdot\text{m}^2]$	1,4	0,28
Valor unitario (\$/m ²)	-	47.624
Costo de retiro (\$/m ²)	Incluido	-
Mano de obra (\$/m ²)	-	5.233
Total (\$/m ²)	-	52.856
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	1.010

Fuente: Creara

A continuación se muestra tanto el costo como el PRS de cada una de las viviendas.

Tabla 36. Evaluación. Medida 2

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Costo Total (\$)	2.907.104	2.114.257	2.378.539	952.478	3.171.386	1.849.975
Ahorro (kWh/año)	2.211	2.025	2.248	2.340	2.193	1.923
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	526	482	535	557	522	458
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	28.419	26.025	28.890	30.070	28.183	24.710
PRS (años)	102	81	82	32	113	75

Fuente: Creara

Se observa que las viviendas que tardarán más tiempo en amortizar la inversión son la casa pareada de 1 piso y la casa aislada de 1 piso. Por el contrario, el ahorro experimentado por el cambio de suelo en casas fila de 2 pisos presenta un PRS de 32 años. Dichos valores están directamente relacionados con los metros cuadrados de suelo aunque no en la misma proporción. Por ello, un cambio de 60m^2 de solera supondrá un mayor gasto económico que uno de 20m^2 , y, aunque el ahorro anual será también más elevado, la proporción es menor que con el costo. Por ello, el PRS será mayor cuanto mayor sea la superficie de suelo.

7.2.1.3 Aislación de muros

Como se mencionaba en capítulos anteriores, la madera es un material con poca transmitancia térmica. Sin embargo, en el caso de Coyhaique no cumple con las exigencias impuestas en la RT de 2007. A continuación se muestra un gráfico en el que se ve cómo varía la transmitancia en función de la adición de aislante en muros.

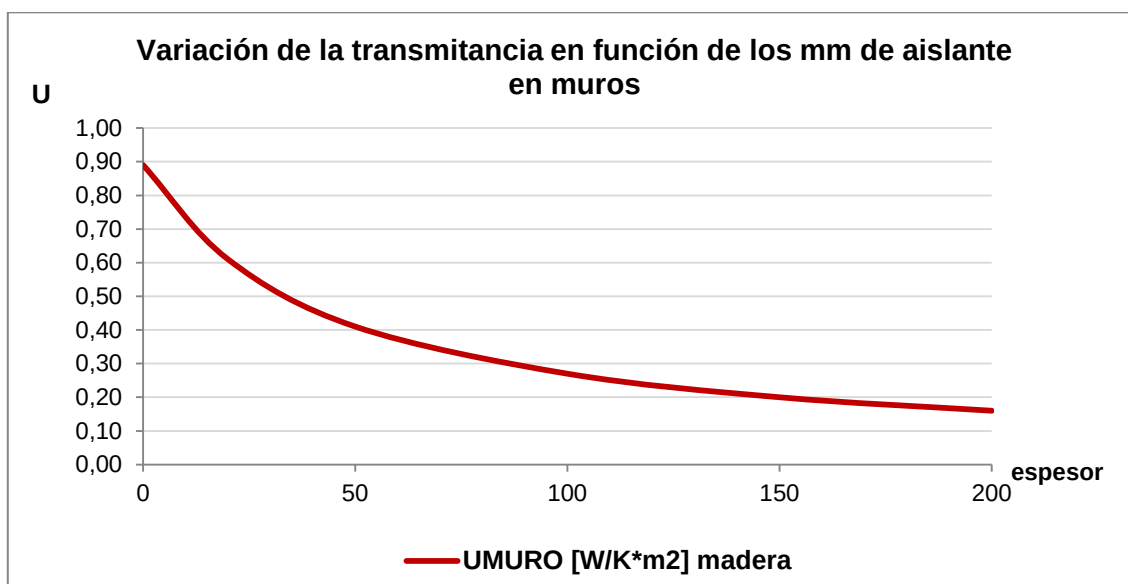


Gráfico 25. Evolución de la transmitancia en función del espesor del muro

Fuente: Creara

La medida 3 consiste en la adición de lana de vidrio a los muros, para dotarles del aislante necesario para cumplimentar el valor impuesto por la RT de 2007 ($0,6\text{ W/m}^2\text{K}$). Tras los cálculos, se ha determinado que un espesor de 50mm es suficiente para conseguir una transmitancia aceptable.

Tabla 37. Espesor mínimo de aislante de muros en viviendas. RT de 2007

Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	R _{si} [K*m ² /W]	R _{se} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]
Madera / tabiquería	0,01	0,10	0,96	0,12	0,00	1,68	0,60
Poliestireno	0,02	0,04	0,56				
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04				

Fuente: Creara

Como pasaba en el caso de la aislación de cielos, al añadir el aislante, la transmitancia disminuye rápidamente en los primeros milímetros, mientras que llegados a un espesor determinado, la **U** decrece de una manera mucho más constante.

El ahorro de demanda energética es el siguiente:

Tabla 38. Ahorro de C. Medida 3

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C [kWh/año] sin RT	31.489	39.127	24.467	24.236	31.079	26.427
C [kWh/año] con RT	29.117	35.147	22.936	21.174	29.089	23.978
Ahorro %	8%	10%	6%	13%	6%	9%

Fuente: Creara

Esta medida genera unos ahorros de hasta el 10% en casas aisladas de dos pisos, debido principalmente a la superficie de muros a aislar. En el caso de los muros, cuantos más m² se aíslan, la transferencia de calor con el exterior será menor por lo que se producirá un mayor ahorro energético.

La siguiente tabla muestra cuáles son los costos derivados de la implementación de dicha medida por m² de piso:

Tabla 39. Costos. Medida 3

	Situación actual	Medida 3
	Muro U ($W/K \cdot m^2$)	Sistema de aislamiento de muros
U_{MURO} ($W/K \cdot m^2$)	0,89	0,60
Valor unitario (\$/ m^2)		3.049
Costo de retiro (\$/ m^2)	-	-
Mano de obra (\$/ m^2)	-	682
Total (\$/ m^2)	-	3.731
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	-

Fuente: Creara

A continuación se muestra tanto el costo como el PRS de cada una de las viviendas.

Tabla 40. Evaluación. Medida 3

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera
Costo Total (\$)	346.971,8	582.017,3	223.852,8	365.913,6	291.008,6	358.164,5
Ahorro (kWh/año)	2.372,6	3.979,9	1.530,7	3.061,5	1.990,0	2.449,2
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609,0	3.609,0	3.609,0	3.609,0	3.609,0	3.609,0
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	564,9	947,6	364,5	728,9	473,8	583,1
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	30.494,1	51.151,4	19.673,6	39.347,2	25.575,7	31.477,8
PRS (años)	11	11	11	9	11	11

Fuente: Creara

En cualquiera de los casos de estudio, la inversión de la implementación de esta medida se recuperará en un periodo relativamente corto. Por ello, unido al ahorro experimentado, es una medida muy recomendable en cualquiera de los casos.

7.2.1.4 Sinergia de las medidas 1, 2 y 3

Los ahorros resultados de implementar las medidas 1, 2 y 3 en los distintos tipos de viviendas se muestran a continuación. Primeramente se va a proceder a sumar los ahorros individuales producidos por cada una de las medidas, para cada una de las tipologías de vivienda.

Tabla 41. Ahorro de C. Suma de ahorros individuales de medidas 1, 2 y 3

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
MEDIDA 1 Ahorro (kWh/año)	2.048	1.489	1.675	745	2.234	1.303
MEDIDA 2 Ahorro (kWh/año)	2.211	2.025	2.248	2.340	2.193	1.923
MEDIDA 3 Ahorro (kWh/año)	2.372	3.979	1.530	3.061	1.990	2.449
Total	6.631	7.494	5.454	6.146	6.417	5.675

Fuente: Creara

Luego de este cálculo, se procederá a determinar el ahorro de consumo global en el caso de implementar las dos medidas:

Tabla 42. Ahorro de C. Ahorro conjunto de medidas 1, 2 y 3

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C [kWh/año] sin RT	31.489	39.127	24.467	24.236	31.079	26.427
C (kWh/año) con RT	24.858	31.633	19.013	18.090	24.662	20.753
Diferencia (kWh/año)	6.631	7.494	5.454	6.146	6.417	5.674
Ahorro %	21%	19%	22%	25%	21%	21%

Fuente: Creara

Como se puede observar, el ahorro derivado de la suma individual del ahorro de las medidas 1, 2 y 3, es igual al estimado en el caso del cálculo conjunto de las tres medidas. En el caso de que el ahorro derivado de la suma de las medidas fuera superior al ahorro de la implementación de todas las medidas, se denomina efecto como efecto cruzado y se debe a que cuando se implementan medidas de eficiencia energética sobre un sistema, siempre hay otros sistemas que se ven afectados.

7.3 Medidas adicionales para viviendas que cumplen con la RT de 2007

Una vez llevadas las viviendas con características constructivas anteriores a 2007 a cumplir las exigencias mínimas de transmitancia y resistencia térmica establecidas en la RT de 2007 para la zona térmica 7, se plantean una serie de medidas adicionales de aislamiento térmico relacionadas principalmente con la instalación de ventanas y con el aislamiento de tuberías y conductos de agua con el fin de disminuir las pérdidas por flujo térmico entre el interior y el exterior de los conductos, aunque la aplicabilidad de esta medida en Coyhaique es baja, debido a que por las frías temperaturas el número de tuberías instaladas en el exterior, frente a las que lo están en el interior, es mínimo.

7.3.1.1 Sustitución de vidrio simple por termopanel

Esta medida consiste en la sustitución del vidrio simple actual por un doble vidriado. Es un conjunto formado por vidrio exterior incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral de 6 mm, y vidrio interior incoloro de 4 mm de espesor. La nueva carpintería será en madera de pino.

A continuación se muestran los ahorros de **C** derivados de la implementación de esta medida:

Tabla 43. Ahorro de C. Medida 4

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C (kWh/año) inicial	24.858	31.633	19.013	18.090	24.662	20.753
C (kWh/año) tras medida	23.313	29.651	18.054	17.131	23.625	19.411
Ahorro %	6%	6%	5%	5%	4%	6%

Fuente: Creara

El cambio de un vidrio simple por un termopanel genera unos ahorros que oscilan entre el 4% y el 6% en función de la tipología de la vivienda. La baja transmisividad de la ventana impide el intercambio térmico con el exterior, ayudando a mantener el calor dentro de la vivienda.

Tabla 44. Costos. Medida 4

	Situación actual	Medida 4
	Vidrio simple + marco antiguo	Termopanel + marco pino
U_{VENTANA} [W/K*m ²]	7,09 - 8,20	3,30
Valor unitario (\$)	-	103.881
Costo de retiro (\$/m ²)	10.000	-
Mano de obra (\$/m ²)	-	11.369
Total (\$/m ²)	-	125.253
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	24.095

Fuente: Creara

Como se observa en la tabla, la transmitancia del termopanel es menor que la del vidrio simple. En función del número de ventanas que tenga la casa y las que se deseen cambiar, el aislamiento térmico y el costo serán mayores. Ahora se muestra el ahorro esperado tras la implementación de esta medida en cada una de las viviendas tipo.

Tabla 45. Evaluación. Medida 4

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Costo Total (\$)	593.081	608.712	368.233	368.233	398.293	398.293
Ahorro (kWh/año)	1.545	1.982	959	959	1.037	1.342
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	368	472	228	228	247	320
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	19.854	25.474	12.327	12.327	13.333	17.248
PRS (años)	30	24	30	30	30	23

Fuente: Creara

Se observa que en algunas viviendas, la implementación de la medida 4 conlleva un PRS ligeramente superior al resto. Si bien es cierto, en la realidad, el ahorro energético derivado de esta medida puede ser mayor ya que en el caso de las ventanas, hay que tener en cuenta que no se puede establecer un valor tipo del flujo de aire como consecuencia de los puentes térmicos de las ventanas antiguas. Este flujo de aire se vería reducido por la implementación de la medida 4 por lo que el ahorro térmico sería mayor.

7.3.1.2 Sustitución de vidrio simple por termopanel LOW - E

Esta medida consiste en la sustitución del vidrio simple actual por un doble vidriado LOW-E, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica LOW-E de 6 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, y vidrio interior de 6 mm de espesor. La nueva carpintería será en madera de pino.

A continuación se muestran los ahorros de **C** derivados de la implementación de esta medida:

Tabla 46. Ahorro de C. Medida 5

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C (kWh/año) inicial	24.858	31.633	19.013	18.090	24.662	20.753
C (kWh/año) tras medida	22.701	29.023	17.674	16.751	23.214	18.999
Ahorro %	9%	8%	7%	7%	6%	8%

Fuente: Creara

Del mismo modo que en la medida anterior, se observa como la sustitución del vidrio simple por termopanel LOW-E, genera un ahorro máximo de un 9% en las casas aisladas de 1 piso de madera, ya que porcentualmente son los que mayor número de ventanas tienen, por lo que, aunque el costo sea elevado, el ahorro energético es mayor.

Tabla 47. Costos. Medida 5

	Situación actual	Medida 5
	Vidrio simple + marco antiguo	Termopanel LOW-E + marco pino
U_{VENTANA} [W/K*m²]	7,09 - 8,20	1,80
Valor unitario (\$)	-	154.815
Costo de retiro (\$/m²)	10.000	-
Mano de obra (\$/m²)	-	10.683
Total (\$/m²)	-	175.498
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	38.610

Fuente: Creara

En función de los metros cuadrados de ventanas que tenga la casa y los que se deseen cambiar, el aislamiento térmico y el costo serán mayores. Se muestra en la siguiente

tabla el ahorro esperado tras la implementación de esta medida en cada una de las viviendas tipo.

Tabla 48. Evaluación. Medida 5

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Costo Total (\$)	831.019	852.921	515.965	515.965	558.084	558.084
Ahorro (kWh/año)	2.157	2.610	1.339	1.339	1.448	1.753
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	514	621	319	319	345	417
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	27.721	33.548	17.212	17.212	18.617	22.531
PRS (años)	30	25	30	30	30	25

Fuente: Creara

Se puede observar que los PRS son muy similares a los de la medida anterior. Esto es debido a que el aumento de ahorro es equivalente al aumento de costo. Cabe remarcar como se señaló en el punto anterior, que en la realidad el ahorro térmico sería mayor ya que no se han podido tener en cuenta los flujos de aire debidos a los puentes térmicos de la ventana.

7.3.1.3 Instalación de ventana de doble marco

La instalación de una ventana de doble marco, consiste en la colocación de una carpintería y un vidrio adicional de características similares a las ya existentes. Dicha medida crea una cámara de aire entre medias de ambos cristales que disminuye notablemente el flujo térmico hacia el exterior.

A continuación se muestran los ahorros de **C** derivados de la implementación de la Medida 6:

Tabla 49. Ahorro de C. Medida 6

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C (kWh/año) inicial	24.858	31.633	19.013	18.090	24.662	20.753
C (kWh/año) tras medida	22.958	29.287	17.833	16.910	23.386	19.172
Ahorro %	8%	7%	6%	7%	5%	8%

Fuente: Creara

Se puede observar como la implementación de una ventana de doble marco, genera un ahorro medio del 6%, y que, como en las medidas anteriores, la vivienda que más beneficiada se verá de la implementación de esta medida, es la vivienda *aislada* de dos pisos de *madera*.

Tabla 50. Costos. Medida 6

	Situación actual	Medida 6
	Vidrio simple + marco antiguo	Instalación de ventana de doble marco
U_{VENTANA} [W/K*m²]	7,09-8,20	2,43
Valor unitario (\$)	-	66.785
Costo de retiro (\$/m²)	-	-
Mano de obra (\$/m²)	-	10.000
Total (\$/m²)	-	76.792
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	16.894

Fuente: Creara

A medida que aumenten el número de ventanas que tenga la casa y las que se deseen cambiar, el aislamiento térmico y el costo aumentarán. El ahorro esperado tras la implementación de esta medida en cada una de las viviendas tipo es:

Tabla 51. Evaluación. Medida 6

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Costo Total (\$)	363.592	373.175	225.748	225.748	244.176	244.176
Ahorro (kWh/año)	1.900	2.347	1.180	1.180	1.276	1.581
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	452	559	281	281	304	376
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	24.419	30.159	15.161	15.161	16.399	20.314
PRS (años)	15	12	15	15	15	12

Fuente: Creara

Se observa que de todas las medidas de aislación térmica por medio de ventanas, esta es probablemente la más recomendada en todas las tipologías de viviendas, ya que la relación ahorro energético – costo de implementación es la más rentable. Además recordar que en la realidad el ahorro térmico sería mayor ya que no se han podido tener en cuenta los flujos de aire debidos a los puentes térmicos de la ventana.

7.3.1.4 Instalación de cortinas blackout

Otra de las medidas estudiadas es la instalación de cortinas *blackout*, siendo una de sus ventajas principales el ahorro de eficiencia energética que proporcionan evitando que el aire caliente del interior de la vivienda se escape a través de ventanas.

A continuación se muestran los ahorros de **C** derivados de la implementación de esta medida:

Tabla 52. Ahorro de C. Medida 7

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C (kWh/año) inicial	24.858	31.633	19.013	18.090	24.662	20.753
C (kWh/año) tras medida	22.869	29.102	17.492	16.643	22.689	19.093
Ahorro %	8%	8%	8%	8%	8%	8%

Fuente: Creara

Como se puede observar, en todos los casos el ahorro obtenido por la instalación de esta medida es de un 8%. Si bien no se ha encontrado ningún estudio que certifique este dato, los expertos en aislación de Creara, han determinado que las cortinas blackout pueden generar un ahorro de entre un 8 y un 10% de calefacción.

Tabla 53. Costos. Medida 7

	Situación actual	Medida 7
	Vidrio + marco	Cortina <i>blackout</i>
Valor unitario (\$)/m ²	-	36.577
Costo de retiro (\$/m ²)	-	-
Mano de obra (\$/m ²)	-	15.000
Total (\$/m ²)	-	51.577
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	-

Fuente: Creara

El costo de las cortinas *blackout*, estará en función de los metros cuadrados de ventanas de la vivienda. La siguiente tabla muestra el ahorro esperado tras la implementación de esta medida en cada una de las viviendas tipo.

Tabla 54. Evaluación. Medida 7

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
m ² ventanas	4,74	4,86	2,94	2,94	3,18	3,18
Costo Total (\$)/m ²	244.226	250.663	151.636	151.636	164.014	164.014
Gasto anual (kWh/año)	24.858	31.633	19.013	18.090	24.662	20.753
Ahorro (kWh/año m ²)	1.989	2.531	1.521	1.447	1.973	1.660
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	473,48	602,54	362,15	344,57	469,76	395,29
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	25.558	32.525	19.549	18.600	25.357	21.338
PRS (años)	10	8	8	8	6	8

Fuente: Creara

Tal y como muestra la tabla, el PRS en el mayor de los casos es de 4 años. Es por ello que esta medida es una buena opción para ahorrar energía en calefacción, y además no conlleva la acometida de obras en la vivienda.

7.3.1.5 Aislamiento de tuberías y conductos

Por las tuberías y conductos por los que discurre el agua de calefacción se pierde calor por la diferencia térmica con el ambiente exterior. El aislamiento de tuberías para agua de calefacción ayuda a ahorrar dinero, no sólo por evitar la pérdida de calor sino también por proteger las tuberías contra el agua de condensación, la corrosión y daños mecánicos.

Esta medida consiste en la instalación de un aislamiento térmico de tuberías en la instalación interior de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por una coquilla cilíndrica moldeada de lana de vidrio de 20 mm de diámetro interior y 30 mm de espesor.

Como se comentaba anteriormente, debido a las bajas temperaturas de Coyhaique, son pocas las tuberías que se encuentran en el exterior, por lo que la aplicabilidad de esta medida es baja.

Para estos cálculos se ha utilizado el programa Aislam patrocinado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio Español, y por el IDAE (Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía). Este programa facilita los métodos de cálculo y los criterios normales de dimensionamiento para la estimación del espesor de aislamiento en tuberías a utilizar en equipos y elementos tanto de viviendas como de instalaciones industriales.

A partir del programa Aislam se han calculado las pérdidas derivadas de una tubería de 20 mm de diámetro, un espesor de 25 mm y una temperatura externa de 15°C e interna de 60°C. La instalación de este aislante conlleva una reducción de pérdidas por "calor" del 40%, respecto a un conducto sin aislar.

Tabla 55. Costos. Medida 8

	Situación actual	Medida 8
	Conductos sin aislar	Lana de vidrio de 30mm
Pérdidas (W/m)	15,98	6,39
Valor unitario (\$)	-	2.252
Costo de retiro (\$/lineal)	-	-
Mano de obra (\$/lineal)	-	793
Total (\$/m lineal)	-	3.045
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	149

Fuente: CreaRa

El ahorro esperado tras la implementación de esta medida es:

Tabla 56. Evaluación. Medida 8

	Vivienda
Costo Total (\$)/m lineal	3.045
Ahorro (kWh/año)/m lineal	76
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	18,21
Costo Lenga (\$/kg)	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	983
PRS (años)	3

Fuente: Creara

Para el cálculo de esta medida se han tenido en cuenta las horas al año de uso de tuberías, suponiendo que el ACS (agua caliente sanitaria) se usa durante 12 meses al año, y que la calefacción durante 10 meses.

7.3.1.6 Sellado de infiltraciones

Las carpinterías mal ajustadas, defectos en los sellados y orificios o grietas en la envolvente, producen, como se comentaba anteriormente, entradas de aire exterior no deseado. Dichas infiltraciones pueden solventarse mediante la aplicación de burletes o cintas selladoras, que son tiras de un textil u otro material flexible que se coloca en el canto de las hojas de puertas o ventanas para que cierren herméticamente. Es una solución barata y efectiva para el problema de las filtraciones.

Según estudios como la guía “Ahorro de energía. Consejos para ahorrar energía y dinero en el hogar” del *U.S Department Of Energy*, o “Ahorro de energía en climatización” de la *Junta de Andalucía, España*, las pérdidas por filtraciones de ventanas y puertas suponen hasta un 10%. En base a este dato, se realizarán los cálculos.

Tabla 57. Costos. Medida 9

	Situación actual	Medida 9
	Ventanas y puertas con filtraciones	Colocación de burletes
Ahorro (kWh/m ² casa)	-	0,2
Valor unitario (\$)	-	448
Costo de retiro (\$/m ²)	-	-
Mano de obra (\$/m ²)	-	-
Total (\$/m ²)	-	448
Costo reemplazo bianual (\$)	-	448

Fuente: Creara

Tras implementar esta medida se supone un ahorro de:

Tabla 58. Evaluación. Medida 9

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
m ² puertas y ventanas	6,41	8,21	4,62	4,62	4,86	4,86
Costo Total (\$)/m ²	2.874	3.681	2.069	2.069	2.177	2.177
Gasto anual (kWh/año)	24.858	31.633	19.013	18.090	24.662	20.753
Ahorro (kWh/año)	2.486	3.163	1.901	1.809	2.466	2.075
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	591,85	753,17	452,69	430,71	587,19	494,11
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$/año)	31.948	40.656	24.436	23.250	31.697	26.672
PRS (años)	0,09	0,09	0,08	0,09	0,07	0,08

Fuente: Creara

Se puede evidenciar que es la medida más económica de todas las planteadas hasta ahora. Sin embargo, mientras que la vida útil del resto de las medidas es de aproximadamente la vida del edificio, en el caso de los burletes, habrá que reemplazarlos cada 2 años para que su eficiencia se mantenga.

7.4 Conclusiones

El estudio “Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final” determina que la recomendación general es acondicionar los elementos exteriores de la envolvente en el siguiente orden:

- Techumbre
- Pisos
- Muros
- Ventanas
- Puertas

Por lo tanto, debería aislarse el 100% de la techumbre antes de aislar los pisos, aislar los pisos en un 100% antes de aislar los muros, etc. No obstante, se entiende que en casos donde las ventanas estén en un estado crítico y tengan altas tasa de infiltraciones, el cambio de estas puede ser prioritario.

Sin embargo, si bien este orden sería el considerado ideal, la realidad está principalmente influida por el costo final de la medida. Por ello, en este punto se va a determinar un orden para su implementación en función del PRS y de su factibilidad.

Previo a ello se muestra una tabla en la que se recoge, para cada una de las medidas la transmitancia inicial y final, el costo total, el ahorro y el potencial de reducción energético global:

Tabla 59. Tabla resumen de las medidas propuestas

	Descripción	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Costo inversión (\$/m ²)	Costos mantenimiento 10 años (\$)	% eficiencia aislación	% de viviendas afectadas	Potencial de reducción energético en el parque de viviendas (GW/año)
Medida 1	Adición de aislante en los cielos	0,68	0,24	39.728	-	6%	100%	28,5
Medida 2	Cambio de piso simple por aislado	K _L =1,4 W/K*m	0,32	52.856	1.010	8%	75%	30,83
Medida 3	Adición de poliestireno de 10 mm en muros	0,89	0,60	3.731	-	9%	60%	41,4
Medida 4	Sustitución de ventanas por termopanel	7,09-8,20	3,30	125.253	24.095	5%	98%	23,14
Medida 5	Sustitución de ventanas por termopanel LOW-E	7,09-8,20	1,80	175.498	38.610	8%	98%	31,60
Medida 6	Instalación de doble marco y cristalería	7,09-8,20	2,43	76.790	16.894	7%	98%	28,05
Medida 7	Instalación de cortinas <i>blackout</i>	-	-	51.577	-	8%	100%	31,07
Medida 8	Aislamiento de tuberías y conductos de ACS y calefacción	-	-	3.045	149	40%	100% de viviendas con conductos exteriores*	0,1
Medida 9	Sellado de infiltraciones	-	-	448	448 (bianual)	10%	100%	39,6

* Se estima que sólo un 2% de cada tipología de vivienda presentará conductos exteriores.

Fuente: Creara

Respecto a los porcentajes de viviendas afectadas, estos se extraen de la caracterización del parque de viviendas de Coyhaique. De este modo, la adición de aislante en los muros sólo afectará al 60% de las viviendas, ya que según las encuestas proporcionadas por el Ministerio de Energía de 2010, las viviendas que antes de 2007 no presentaban ningún aislante en muros y las que lo presentaban, pero no en espesor suficiente para cumplir con la RT de 2007, ascendían al 60% (56% y 4%). Según estas encuestas, sólo el 2% de las viviendas construidas antes de 2007 presentaban termopaneles, por lo que el porcentaje de viviendas susceptible de implementar medidas asociadas al cambio de ventanas ascienden al 98%.

De la tabla anterior se extrae que la medida que más ahorro energético podría generar en Coyhaique es la que conlleva la adición de aislante en los muros, seguida por el sellado de filtraciones de aire en puertas y ventanas, y por la sustitución de las ventanas por termopanel LOW-E.

A continuación se muestran los PRS de todas las medidas, particularizados para cada tipo de vivienda:

Tabla 60. Priorización de medidas en función del PRS (años)

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Medida 1	83	83	83	83	83	83
Medida 2	102	81	82	32	113	75
Medida 3	11	11	11	9	11	11
Medida 4	30	24	30	30	30	23
Medida 5	30	25	30	30	30	25
Medida 6	15	12	15	15	15	12
Medida 7	10	8	8	8	6	8
Medida 8	3	3	3	3	3	3
Medida 9	0,09	0,09	0,08	0,09	0,07	0,08

Fuente: Creara

De los datos obtenidos en la tabla anterior, se observa que la medida más rápida de recuperar en lo económico, es la referida al sellado de filtraciones, seguido por el aislamiento de conductos y tuberías de ACS y calefacción.

Otra de las medidas a tener en cuenta, debido a su bajo PRS, es la que hace referencia a la adición de aislante en muros. El ahorro es muy elevado respecto al costo de la inversión por lo que se genera un PRS bajo para una medida de estas características.

Para el resto de viviendas, la medida que antes recupera su inversión es la instalación de cortinas *blackout*, seguido de la ventana de doble marco. Ambas son medidas que generan unos ahorros considerables, permitiendo recuperar la inversión en un periodo menor de 15 años.

Como se comentaba anteriormente, a la hora de llevar a cabo medidas de mejora en la envolvente térmica, se considera de suma importancia el nivel socio-económico de la población. Por ello, se propone otra priorización de las medidas en función costo de la tecnología por metro cuadrado y del grupo socioeconómico. Se determina que una medida es:

- **** *Muy factible*
- *** *Factible*
- ** *Poco factible*
- * *Nada factible*

Para llevar a cabo dicha clasificación se ha planteado distintos baremos en función del costo/m² de la implementación de la medida:

Tabla 61. Baremos en función del costo/m²

	ABC1	C2	C3	D+E
****	0 - 60.000\$/m ²	0 - 30.000\$/m ²	0 - 20.000\$/m ²	0 - 10.000\$/m ²
***	60.000 - 100.000\$/m ²	30.000 - 60.000\$/m ²	20.000 - 50.000\$/m ²	10.000 - 20.000\$/m ²
**	100.000 - 150.000\$/m ²	60.000 - 90.000\$/m ²	50.000 - 75.000\$/m ²	20.000 - 30.000\$/m ²
*	> 150.000\$/m ²	> 90.000\$/m ²	> 70.000\$/m ²	>30.000\$/m ²

Fuente: Creara

En el caso de que ofreciesen subsidios para la aislación térmica de los edificios, estos baremos definidos anteriormente no serían válidos, por lo que en función del monto de la subvención habría que evaluar nuevamente la factibilidad.

Tabla 62. Priorización de medidas en función de la factibilidad

	ABC1	C2	C3	D+E
Medida 1	****	***	***	*
Medida 2	****	***	**	*
Medida 3	****	****	****	****
Medida 4	**	*	*	*
Medida 5	*	*	*	*
Medida 6	***	**	*	*
Medida 7	****	***	**	*
Medida 8	****	****	****	****
Medida 9	****	****	****	****

Fuente: Creara

Se observa como el grupo ABC1, puede permitirse implementar todas las medidas excepto la instalación de un vidrio doble hermético de baja transmisividad.

En el caso del grupo C2, las medidas que no se podrá plantear a nivel económico son las que conllevan la instalación de una ventana de doble vidrio aislado como de doble vidrio aislado de baja transmisividad.

El grupo C3 puede afrontar económicamente la aislación de techumbres, el aislamiento de muros, el sellado de filtraciones y el de conductos de ACS y calefacción.

Por último, el grupo D+E puede afrontar con facilidad el aislamiento de conductos y tuberías de ACS y calefacción, el sellado de filtraciones mediante burletes y el aislamiento de los muros de las viviendas.

7.5 Comparación con implementaciones reales de aislación térmica

Para este punto se han tenido en cuenta dos estudios. El primero “Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final” elaborado en enero de 2013 para el Ministerio de Energía y el MINVU, y el segundo el estudio 608897-46-LP12 “Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire”, desarrollado por GreenLabUC, en base al estudio MINVU “Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas”, 587-368-LE06. Sin embargo, este último estudio no hace referencia a ciudad alguna de la Región XI, por lo que no se podrá llevar a cabo dicha comparativa.

7.5.1.1 Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final

Este estudio está referido a todo Chile, por lo que las comparaciones se harán con la región de Aysén, a la que pertenece la ciudad de Coyhaique.

En Aysén, en el año 2009-2010, se otorgaron 693 subsidios para rehabilitación térmica de la envolvente del edificio que se repartieron de la siguiente manera: el 32% para casas aisladas, el 49% para casas pareadas, el 17% para departamentos y el 2% restante para casas fila. Del total de los subsidios entregados, dicho estudio analizó 8 en profundidad para observar si la implementación de las medidas de mejora había sido satisfactoria y si se había producido alguna disminución del consumo energético teórico.

Con los subsidios entregados, las medidas más implementadas en la región de Aysén fueron:

- Incorporación de 160 mm de lana mineral en cielo y revestimiento de cielo
- Incorporación de 60 mm de lana de vidrio y cambio de revestimiento exterior en muros.
- Cambio de ventanas a DVH y marco de aluminio
- Protección hídrica de la cubierta
- Cambio de puerta actual a puerta de Lengua o pino Oregón.

Como se puede observar en el estudio “Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final”, y tal y como se determinó en el punto anterior del presente informe, la mejora de la techumbre mediante la adición de una capa de material aislante es una de las medidas más eficientes. Su costo no es excesivamente elevado y el porcentaje de ahorro energético derivado de su implementación, es alto.

En el caso de la región de Aysén, también se solicitaba incorporar aislante a los muros y revestirlos exteriormente. Como se vio anteriormente, esta es una de las medidas relacionadas con la envolvente térmica que genera más ahorro y que permite una recuperación económica rápida.

El cambio de las ventanas es otra medida importante a la hora de realizar rehabilitaciones térmicas en viviendas. Si bien esta medida resulta poco costosa si se instala una ventana de doble marco, a medida que disminuya la transmisividad del vidrio y de la carpintería aumentará su costo.

Las puertas son elementos que pueden generar un elevado flujo de calor hacia el exterior. Sin embargo, en este informe no se han planteado cambios en ese sentido ya que se ha considerado que las viviendas de Coyhaique disponen de puerta de pino.

7.5.1.2 Programa de inversión pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas

En este punto se compararán los resultados obtenidos con el estudio 608897-46-LP12 “Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire”, desarrollado por GreenLabUC, en base al estudio MINVU Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas, 587-368-LE06.

Dicho estudio elaborado para todas las zonas térmicas del territorio nacional, ofrece los valores de transmitancia (**U**) de las distintas tipologías de vivienda definidas, antes y después de la aplicación de distintas medidas de aislación térmica, así como el costo de su implementación.

Para llevar a cabo la comparativa, se han seleccionado únicamente las viviendas de la zona térmica 7 que correspondiesen con las determinadas en el presente estudio, tal y como se ve en la tabla 13.

La correspondencia es la siguiente:

Tabla 63. Compatibilidad de tipologías con estudio del MINVU

Tipologías compatibles	
MINVU	CREARA
Tipología 3	Aislada 1 piso
Tipología 7	Pareada 2 pisos

Fuente: Creara

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el estudio elaborado para el MINVU para la ciudad de Punta Arenas y se hace una comparación con los derivados del presente informe. Se ha seleccionado dicha ciudad ya que, aunque se encuentra a una distancia aproximada de 1.700km, sus condiciones climáticas son similares, y a efectos de Grados Día se encuentra en la zona térmica 7 igual que Coyhaique.

Cielo

Tabla 64. Comparativa de las transmitancias y costos – cielo

DATOS MINVU						DATOS CREARA					
Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)
Tipología 3	Poliestireno granulado	0,00	10.910	3,47	0,24	Aislada 1 piso madera	Poliestireno expandido	39.047	682	0,68	0,24
Tipología 7	Poliestireno granulado	0,00	7.307	0,43	0,24	Pareada 2 pisos madera	Poliestireno expandido	39.047	682	0,68	0,24

Fuente: Creara

Los materiales propuestos para el aislamiento del cielo son el poliestireno granulado y poliestireno expandido. Se puede evidenciar una elevada diferencia en los costos de implementación de la medida. Mientras que según los datos obtenidos por Creara, el aislamiento del cielo con poliestireno expandido en aquellos casos en los que ya haya aislante, asciende a 39.047\$/m², en el caso del estudio elaborado para el MINVU, asciende como máximo a 10.910\$/m².

Muros

Tabla 65. Comparativa de las transmitancias y costos – muros

DATOS MINVU						DATOS CREARA					
Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)
Tipología 3	Aislante Fisiterm	0,00	7.067	0,67	0,37	Aislada 1 piso madera	Poliestireno expandido	3.049	682	0,89	0,60
Tipología 7	Aislante Fisiterm	0,00	5.660	1,07	0,58	Pareada 2 pisos madera	Poliestireno expandido	3.049	682	0,89	0,60

Fuente: Creara

En ambos casos, la aislación de los muros hace que se cumpla la RT. Sin embargo, como se puede observar, los costos distan mucho de ser similares. Además en el caso del estudio elaborado para el MINVU, el costo de la inversión no aplica.

Ventanas

Tabla 66. Comparativa de las transmitancias y costos – ventanas

DATOS MINVU						DATOS CREARA					
Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)
Tipología 3	VDT*	30.996	0,00	5,8	3,6	Aislada 1 piso	VDT*	125.253	11.369	7,09	3,30
Tipología 3	VDT*	41.100	0,00	5,8	2,4	Aislada 1 piso	VDT*	175.498	10.683	7,09	1,80
Tipología 7	VDT*	17.415	0,00	5,80	3,6	Pareada 2 pisos	VDT*	125.253	11.369	7,09	3,30
Tipología 7	VDT*	22.992	0,00	5,80	2,4	Pareada 2 pisos	VDT*	175.498	10.683	7,09	1,80

* VDT: Doble vidriado Termopanel Fuente: Creara

Se evalúa la instalación de dos modelos de ventanas con transmitancias distintas. El ahorro energético se presupone será similar, sin embargo, el costo determinado por Creara, como ocurre en anteriores ocasiones, es mucho superior al establecido por en el estudio del MINVU.

7.5.1.3 Comparación entre la RT actual chilena, la propuesta de modificación de agosto de 2013 y la normativa española actual (C.T.E.)”

Con el fin analizar el margen de mejora que presentan las edificaciones residenciales en materia de envolvente térmica, se realizará una comparativa de las exigencias mínimas de aislamiento térmico de la normativa vigente actual (RT 2007), con la propuesta de modificación cuya publicación está prevista y con la normativa actual española C.T.E. (D.B. HE1).

Para ello se evaluarán los valores máximos permitidos por las diferentes normativas en cuanto a la transmitancia en muros, techos, pisos ventilados y pisos en contacto con el terreno.

Para realizar la comparativa se ha seleccionado una ciudad española que presente características similares a las de Coyhaique, en función de sus temperaturas máximas, mínimas y grados día. La similitud sería la siguiente:

Tabla 67. Zonificación climática.

Ciudad Chilena	Coyhaique
Oscilación térmica en verano	9,9
Oscilación térmica en invierno	5,8
Tª Media Verano	13,6
Tª Media Invierno	2
Grados día 15º	2.514
Zona climática R.T. (Actual)	7
Zona climática R.T. (Modificación)	I
Zona Climática (C.T.E.)	E
Ciudad Española “Similar”	Burgos

Fuente: Creara

En base a esta similitud, se pueden comparar las transmitancias máximas permitidas para Coyhaique según la actual RT, y cómo se verían afectadas si se aplicara tanto la propuesta de modificación, como la normativa española (C.T.E).

En el caso de Coyhaique, clasificado como zona climática 7, la zona climática que más se le asimila en cuanto a sus características climatológicas es la zona “E” según la normativa española, y la zona I”, en la propuesta de modificación del R.T., teniendo las siguientes transmitancias límite.

Tabla 68. Transmitancia térmica U en Muros.

Envolvente	R.T. (actual)	R.T. (futuro)	C.T.E. (HE1)
Muros (W/m^2K)	0,60	0,40	0,55
Pisos ventilados (W/m^2K)	0,32	0,32	0,35
Pisos en contacto con el terreno (W/m^2K)	-	0,57 ¹	0,55
Cielos (W/m^2K)	0,25	0,25	0,35

Fuente: Creara

En la siguiente gráfica se representa la comparativa en cuanto a las exigencias mínimas de transmitancia térmica para las diferentes partes del edificio en la ciudad de Coyhaique:

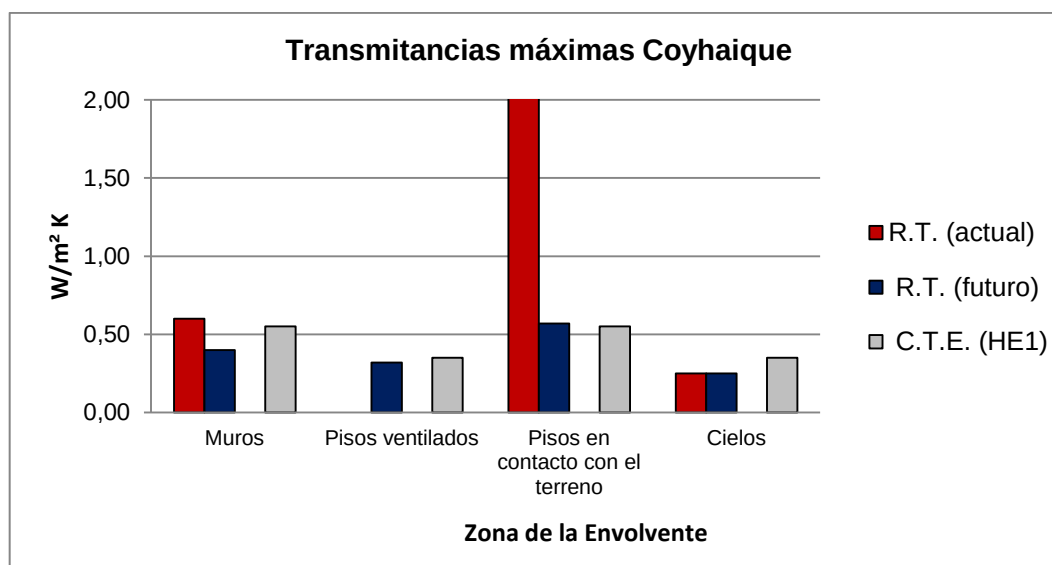


Gráfico 26. Comparativa de transmitancias térmicas según RT

Fuente: Creara

En esta grafica se puede observar como la transmitancia mínima exigida en la actual RT puede ser más restrictiva, como lo son la propuesta en la modificación y en el CTE español, debido a que es una zona fría.

¹ Corresponde a la transmitancia resultado de aplicar 60mm de aislación con un $\lambda=0,040W/m^2K$, a un suelo tradicional, como indica la normativa.

Particularizando para cada uno de los elementos, actualmente los muros presentan un gran margen de mejora. La propuesta de modificación es mucho más exigente con la transmisividad de los muros que la normativa actual, e incluso que la española.

Por otro lado, en los pisos ventilados la limitación es bastante similar a la normativa española. En la nueva modificación, no se tiene pensado mejorar estos niveles de aislación

En el caso de los pisos en contacto con el terreno no existen actualmente limitaciones de transmitancia térmica, por lo que las pérdidas de energía no están controladas. En la nueva propuesta de modificación se exigen unos niveles de aislación mínimos dependiendo de la zona climática. Si estos niveles de aislación se pasan a transmitancia térmica, se observa que aunque no tan exigentes como la normativa española, limitan de alguna forma estas pérdidas.

El caso de los techos es en el que la normativa actual se centra más, siendo más exigente que la normativa española, e incluso llegando a mejorar con la propuesta de modificación.

Tras este análisis, se concluye que la propuesta de modificación de la RT actual, se adecúa correctamente a las características climáticas presentes en Chile.

En el caso de los pisos y los techos, las propuestas realizadas en apartados anteriores para cumplimentar los valores exigidos en la RT de 2007, ya cumplen la nueva normativa. Únicamente sería en los muros donde habría que implementar medidas adicionales. Se detallan a continuación:

Muros

Tabla 69. Espesor mínimo de aislante en muros. RT (modificación)

Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	R _{si} [K*m ² /W]	R _{se} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MUROS} [W/K*m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	0,09	0,0	2,51	0,40
Poliestireno	0,05	0,04	1,39				
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04				

Fuente: Creara

En el caso de aplicar estas medidas nuevas de aislación cumpliendo con los requerimientos de la propuesta de modificación, se conseguirían los siguientes ahorros.

Tabla 70. Ahorro de C. Medida 3. RT (modificación)

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
C [kWh/año] sin RT	31.489	39.127	24.467	24.236	31.079	26.427
C [kWh/año] con RT	29.117	35.147	22.936	21.174	29.089	23.978
C [kWh/año] modificación R.T.	24.555	31.359	21.911	19.124	27.207	24.555
Ahorro %	22%	20%	10%	21%	12%	15%

Fuente: Creara

Los ahorros conseguidos con las exigencias de la modificación son mucho mayores, ya que mejoran los niveles de aislación, pero también aumenta la inversión a realizar ya que hay que colocar mayor espesor de aislamiento.

Tabla 71. Costos. Medida 3 para casas de madera. RT (modificación)

	Situación actual		Medida 3	
	Muro Madera (Anterior R.T. 2007) U (W/K*m ²)	Muro Madera (Posterior R.T. 2007) U (W/K*m ²)	Sistema de aislamiento de muros de madera (Anteriores R.T. 2007)	Sistema de aislamiento de muros de madera (Posteriores R.T. 2007)
U_{MURO} [W/K*m²]	0,85	0,58	0,39	0,39
Valor unitario (\$/m²)	-	-	2.859	2.052
Costo de retiro (\$/m²)	-	-	-	-
Mano de obra (\$/m²)	-	-	929	929
Total (\$/m²)	-	-	3.788	2.981
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	-	-	-

Fuente: Creara

En la tabla siguiente se muestran los ahorros generados junto al periodo de retorno de la inversión, en cuanto a los ahorros económicos. Se puede observar que los PRS, son elevados.

Tabla 72. Evaluación. Medida 3. Anteriores al R.T. (modificación)

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Costo Total (\$)	352.287	590.933	227.282	343.072	295.466	363.651
Ahorro (kWh/año)	5.171	31.489	31.489	31.489	31.489	31.489
PCI Lenga (Kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg/año)	1.231,19	7.497,38	7.497	7.497	7.497	7.497
Costo Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	55,98	56,98	57,98	58,98
Ahorro Lenga (\$/año)	66.460	404.709	419.706	427.203	434.700	442.198
PRS (años)	5,3	1,5	0,5	0,8	0,7	0,8

Fuente: Creara

Tabla 73. Potencial de Ahorro Energético. Medida 3. Anteriores al R.T. (modificación)

	Descripción	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Costo inversión (\$/m ²)	Costos manteni- miento 10 años (\$)	% eficiencia aislamiento	% de viviendas afectadas	Potencial de reducción energético en el parque de viviendas (GWh/año)
Medida 3 (Viviendas de Madera anteriores a R.T. 2007)	Adición de poliestireno de 50 mm en viviendas de madera	0,85	0,40	3.788	-	19%	80%	93,78
Medida 3 (Viviendas de Madera posteriores a R.T. 2007)	Adición de poliestireno de 30 mm en viviendas de madera	0,58	0,40	2.981	-	5%	5%	0,26

Fuente: Creara.

En esta tabla se observa cómo el potencial de reducción de consumo energético en el parque de viviendas de Coyhaique, es considerablemente elevado y bastante superior al obtenido al llevar las viviendas a la RT de 2007. Esto es debido a dos factores principales: el primero conlleva un mayor ahorro energético debido a la mejora de aislamiento térmico de las viviendas. El segundo es debido a que el número de viviendas que incumplen esta nueva reglamentación es mayor, por lo que el porcentaje de viviendas que se verá afectada será mayor.

8. CONSUMO ENERGÉTICO

Tras proponer diversas medidas de aislamiento térmico y estudiar la factibilidad de su implementación según diversos factores, se plantea ahora una caracterización del parque de calefactores y cocinas de leña de Coyhaique, así como un estudio de los nuevos equipos del mercado, con el fin de determinar una proyección para los años 2013 -2025.

Luego de ello, se realizará un catastro de los puntos de venta de leña certificada y mediante encuestas se determinará cuál es el volumen de ventas en Coyhaique. Con ello, se comparará el consumo de leña anual calculado mediante la información de los vendedores, con la información de la demanda obtenida en puntos anteriores. Esto permitirá analizar las diferencias obtenidas.

Por último se analizará la información de consumo base de energético residencial para cada combustible identificado, enfatizando en el consumo de la leña. En este sentido, se construirán distintos perfiles que relacionen el tipo de combustible con el consumo estacional y con el estrato socioeconómico.

8.1 Caracterización del parque de calefactores y cocinas de leña de Coyhaique

Para este punto se ha tenido en cuenta el resultado del “Registro de artefactos a leña” elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente en 2012 para la ciudad de Coyhaique.

La relación entre equipos de cocina y equipos de calefacción en la ciudad de Coyhaique es del 28% y 72% respectivamente, tal y como muestra el gráfico siguiente.

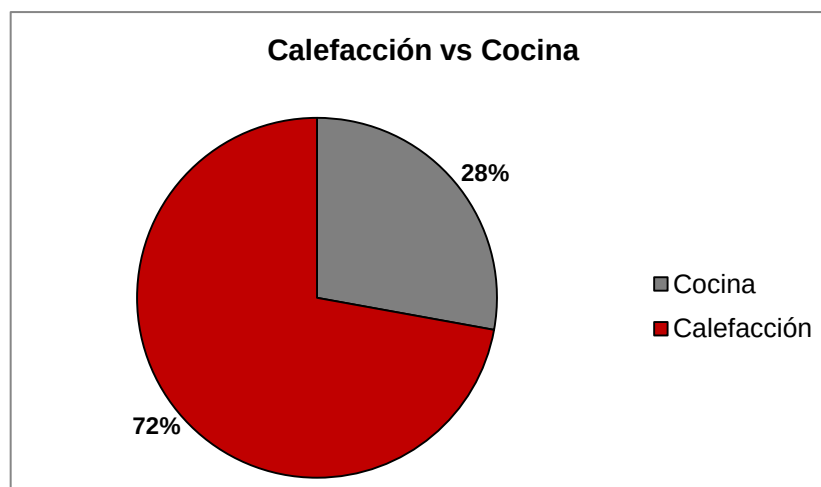


Gráfico 27. Relación calefacción y cocinas.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

8.1.1.1 Cocinas

A continuación se muestra la antigüedad media de los equipos de cocina Coyhaique:

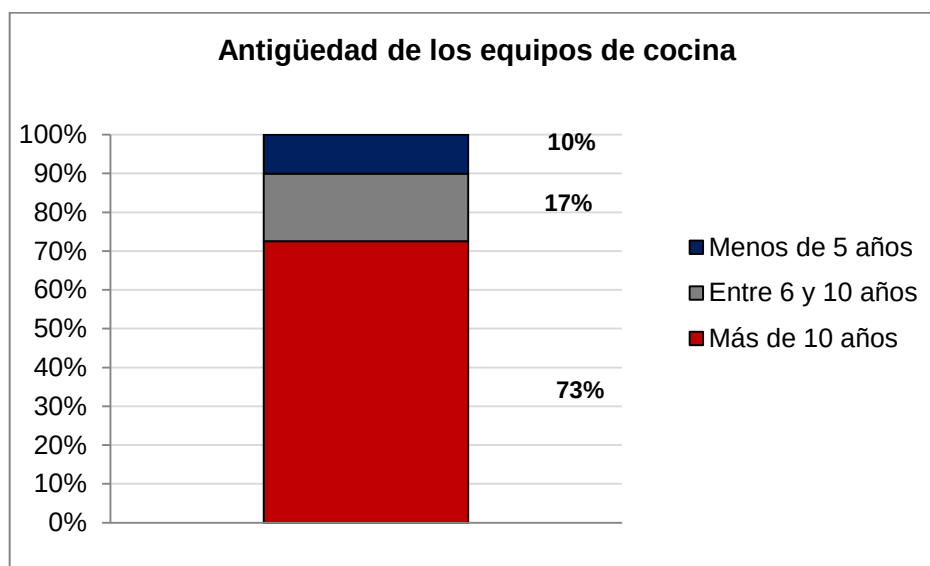


Gráfico 28. Antigüedad de las cocinas.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

Puede observarse que un gran porcentaje del total (73%) corresponde a equipos de más de 10 años, que se caracterizan por ser menos eficientes que las nuevas tecnologías. Tan sólo el 10% del total, hace referencia a equipos de menos de 5 años de antigüedad.

En este punto sería interesante enfatizar la renovación del parque de equipos de cocina, y ofrecer subvenciones que permitiesen el recambio por equipos más nuevos.

En cuanto a las marcas, las más utilizada, en el siguiente orden son Yunkhe (20%), Angol (2,1%), Alcazar (2%) y Gross (2%).

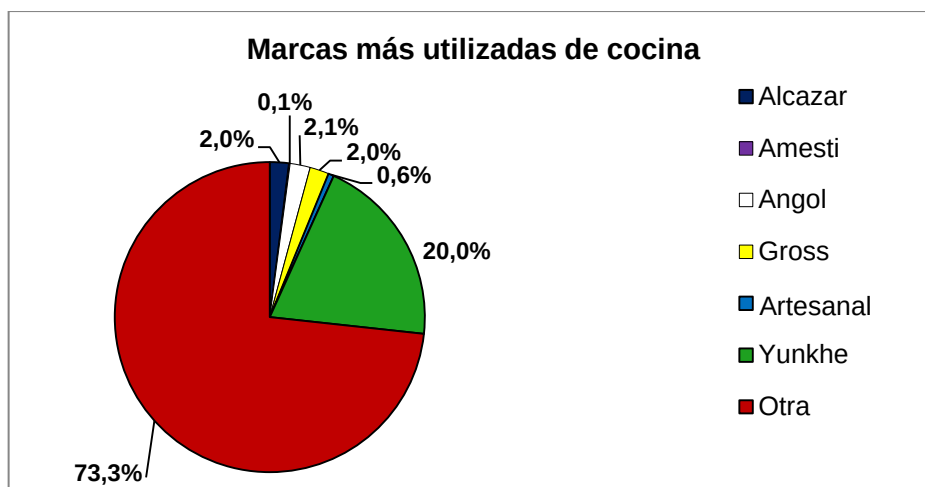


Gráfico 29. Marcas más usadas de cocinas.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

A continuación se puede observar el estado de las cocinas de Coyhaique, según la antigüedad de las mismas. Obsérvese que en lógica, las cocinas de menos de 5 años se caracterizan por tener un estado de conservación bueno, mientras que las de más de 10 años se encuentran en malas condiciones.

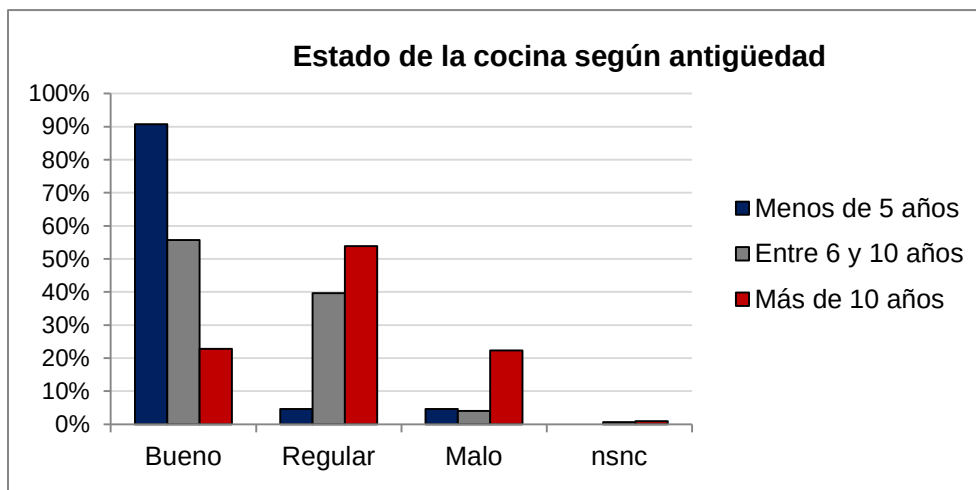


Gráfico 30. Estado de las cocinas según la antigüedad.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

La siguiente gráfica relaciona la antigüedad de la cocina con el gasto de leña (en \$). No se observa una relación muy clara entre la edad de los equipos y el costo económico derivado del uso de la leña.

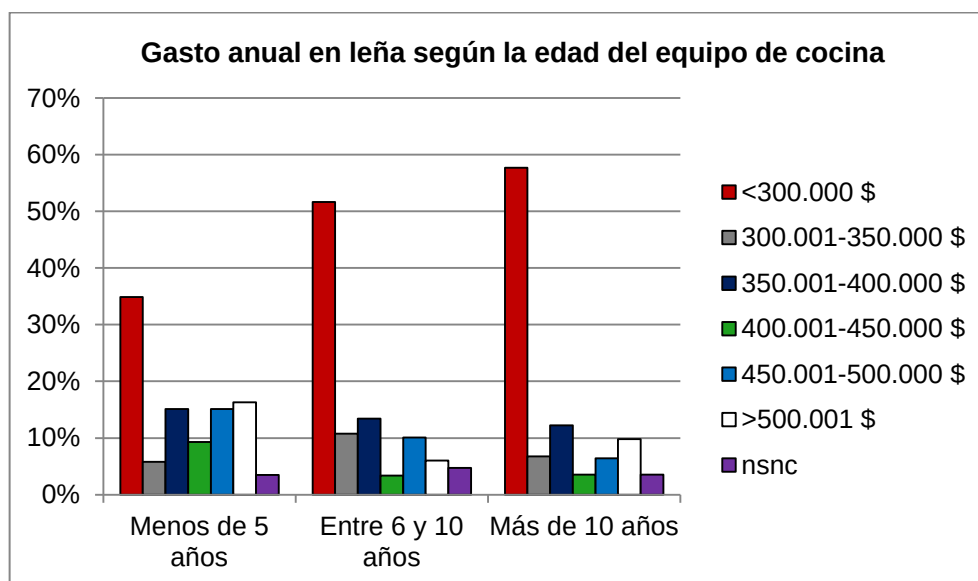


Gráfico 31. Gasto en leña según la edad de la cocina

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

Por un lado, los equipos que conllevan menos gasto (<300.000\$) son los de menos de 5 años en su mayoría. En el otro sentido, los equipos que más gastan son los de más de 10 años, pero se observa una mínima diferencia con el resto de equipos.

Otro punto importante a tener en cuenta, es la época en la que se compra la leña. Obsérvese que el verano es la época preferida por los consumidores.

Tabla 74. Época de compra de leña para cocina

Época	Porcentaje
Primavera	1%
Verano	46%
Otoño	30%
Invierno	21%
nsnc	3%

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

8.1.1.2 Calefacción

Los equipos de calefacción se reparten de la siguiente manera en Coyhaique:

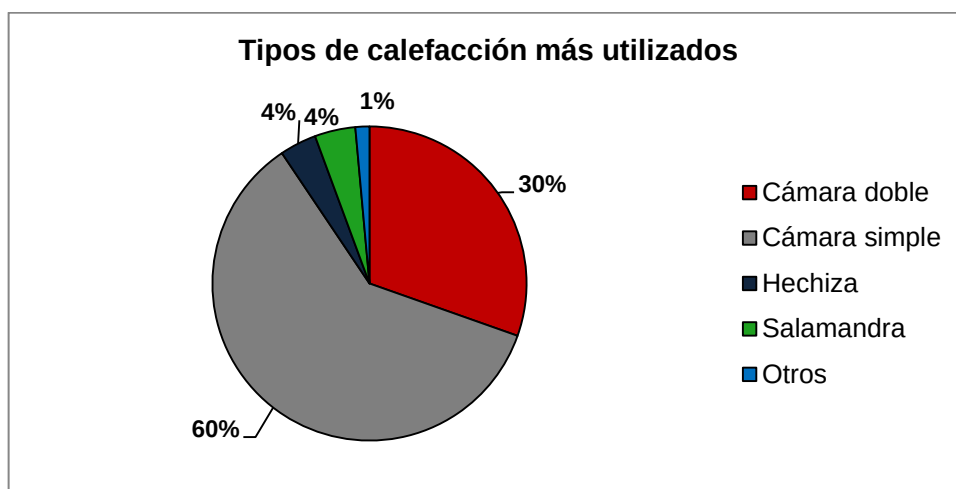


Gráfico 32. Tipos de calefacción más utilizados.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

El mayor porcentaje de las viviendas, un 60%, eligen equipos de cámara simple para calentar sus viviendas seguidos por las de cámara doble (30%), las hechizas y salamandras.

En este caso, los equipos de calefacción son por lo general, más nuevos que las cocinas de Coyhaique. Puede observarse que los equipos de más de 10 años ascienden al 64%,

mientras que los que están entre 6 y 10 años representan el 26% del total, quedando solamente un 10% en calefactores de menos de 5 años.

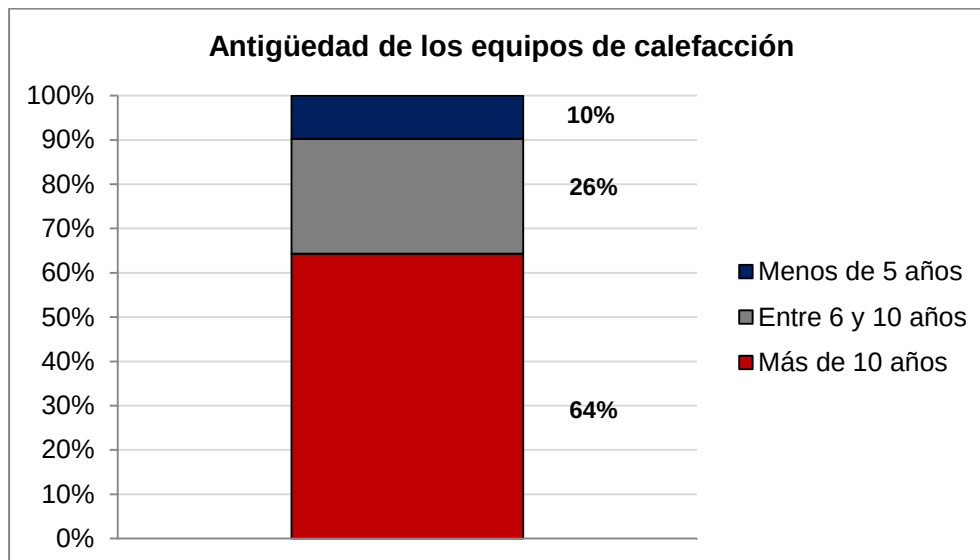


Gráfico 33. Antigüedad de los equipos de calefacción.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

A continuación se puede observar un gráfico con las marcas más habituales de equipos de calefacción en esta ciudad:

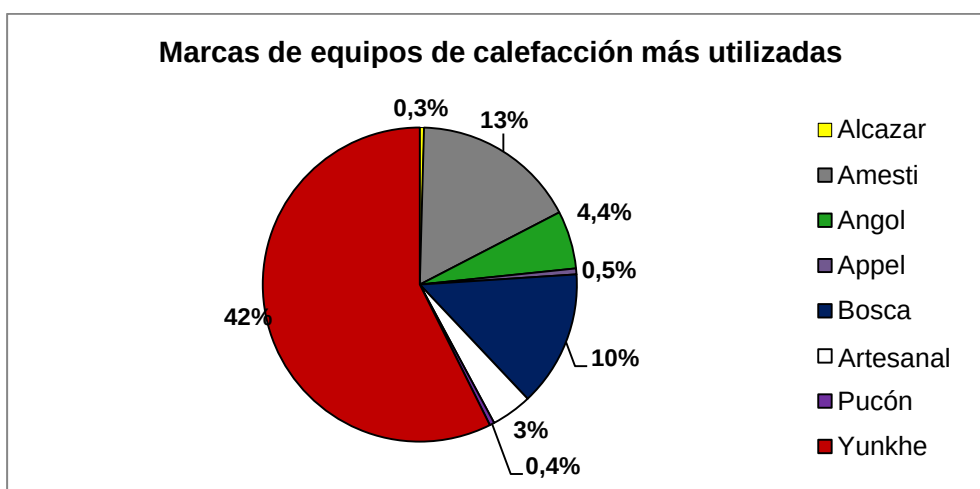


Gráfico 34. Marcas de equipos de calefacción más utilizadas.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

Un punto importante a la hora de caracterizar el parque de calefacciones de Coyhaique, es el estado de conservación frente a la antigüedad de los mismos. Como es lógico,

aquellos equipos que han sido comprados hace menos de 5 años tienen un estado de conservación bueno, mientras que los que se compraron hace más de 6 años presentan una conservación peor.

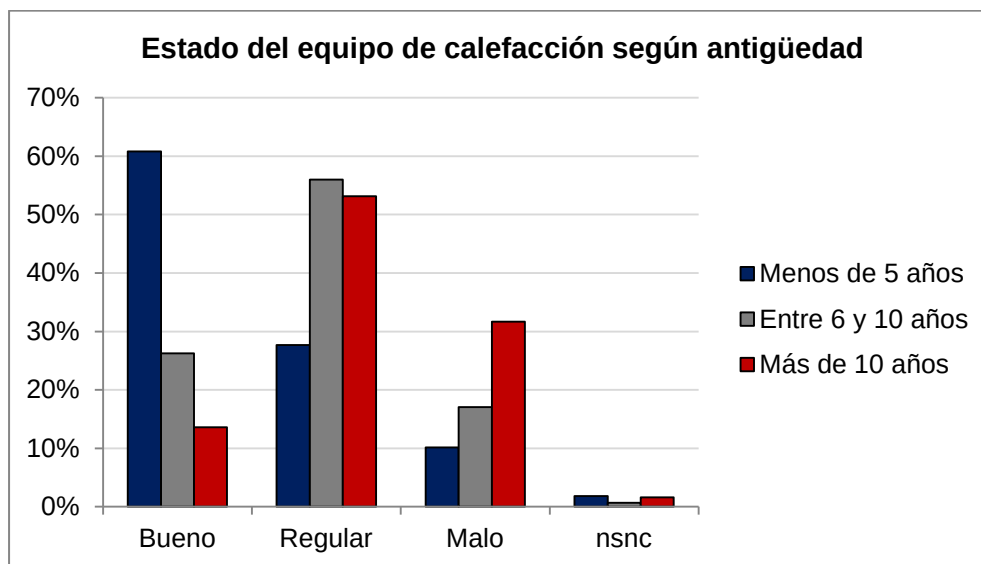


Gráfico 35. Estado del equipo de calefacción según antigüedad

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

En lo relativo al gasto de leña según la edad del equipo de cocina, no se observa ninguna relación significativa entre este valor y la antigüedad del equipo.

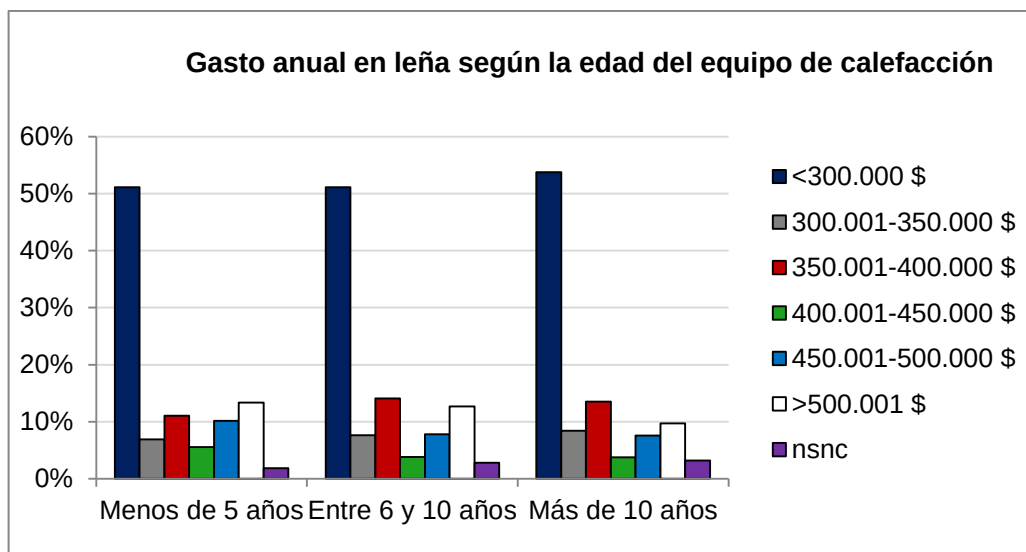


Gráfico 36. Gasto en leña según la antigüedad del equipo de calefacción.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

Del mismo modo que en el caso de las cocinas, la mayor parte de la población que compra leña lo hace en verano, para acumularla y secarla y porque su costo es más bajo.

Como punto a parte, del total de la población con equipos de calefacción y/o cocina, sólo han recibido subvención de aislamiento térmico de la casa un 15,5%, según el “Registro de artefactos a leña” elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente en 2012 para la ciudad de Coyhaique.

8.2 Características técnicas de los nuevos equipos de calefacción y cocina

Las características técnicas de los nuevos equipos de calefacción a la venta en el mercado se exponen a continuación. Para ello, se han consultado los catálogos de diversas empresas relacionadas con la venta de cocinas y equipos de calefacción.

Para llevar a cabo una valoración de la eficiencia energética de todos los equipos de calefacción y cocción, Creara ha asignado una clasificación en función del rendimiento:

Tabla 75. Baremos de eficiencia en función del rendimiento

	Rendimiento %
4	≥ 100
3	$90 \leq \eta < 100$
2	$80 \leq \eta < 90$
1	< 80

Fuente: Creara

Tabla 76. Características de los equipos de calefacción a la venta actualmente

	Marca	Tipo	Modelo	Área de calefacción máxima (m ²)	Potencia (kcal/h)	Costo* (pesos)	Mantenimiento decenal (\$)	Vida Útil	Eficiencia
LEÑA	Amesti	Doble Cámara	Scantek 350	100	6.000	99.000	66.900	16	1
			Scantek 360	120	7.300	110.000	66.900	16	1
			Scantek 380	150	9.000	145.000	66.900	16	1
			Scantek 400 plus	150	9.000	198.600	66.900	16	1
			Scantek 500	180	12.000	294.600	66.900	16	1
			Scantek 600	160	9.500	229.900	66.900	16	1
	Bosca	Doble Cámara	scan 340	80	5.000	119.900	66.900	16	1
			scan 360	100	7.000	149.900	66.900	16	1
			scan 380	120	8.500	169.900	66.900	16	1
			scan 450	140	12.000	199.900	66.900	16	1
			Gold 400	100	7.000	265.000	66.900	16	1
			Gold 800	140	10.600	385.000	66.900	16	1
			ecocalor 340	80	5.000	99.000	66.900	16	1
			ecocalor 380	120	8.500	126.000	66.900	16	1
			ecocalor 400	100	7.000	199.000	66.900	16	1
			ecocalor 500	140	12.600	299.900	66.900	16	1
			Prime 400	120	8.500	300.000	66.900	16	1
			Prime 450	150	12.000	340.000	66.900	16	1
			Prime Classic 400	120	8.500	314.800	66.900	16	1
			Prime Classic 450	150	12.000	370.000	66.900	16	1
	Neoflam	Doble Cámara	Omega I	90	-	206.800	66.900	16	1
			Omega II	160	-	257.300	66.900	16	1
			Sigma	90	-	147.000	66.900	16	1
			Activa	-	-	164.900	66.900	16	1

	Marca	Tipo	Modelo	Área de calefacción máxima (m ²)	Potencia (kcal/h)	Costo* (pesos)	Mantenimiento decenal (\$)	Vida Útil	Eficiencia
LEÑA	Colcalor	Cámara simple	Colcalor 80	80	5.600	170.000	66.900	16	1
			Colcalor 150	150	6.500	220.000	66.900	16	1
	Gerten	Cámara simple	Mini C-80	80	-	170.000	66.900	16	1
			Med. C-120	120	11.300	185.000	66.900	16	1
			Grande C-150	150	-	200.000	66.900	16	1
	Hogar	Cámara simple	A-1	70	-	135.000	66.900	16	1
			A-2	120	-	175.000	66.900	16	1
			Chica c/leñero	70	-	169.000	66.900	16	1
	Gross	Cámara simple	G-100	80	6.500	198.900	66.900	16	1
			G-200	140	8.900	260.000	66.900	16	1
	Klapp	Cámara simple	Art. CI 5	50	-	176.500	66.900	16	1
			Art. CI 10	80	-	Sin datos	66.900	16	1
			Art. CI 15	100	-	203.500	66.900	16	1
			Art. CI 20	120	-	Sin datos	66.900	16	1
			Art. CI 30	150	-	316.400	66.900	16	1
	Molykal	Cámara simple	Mini C-50	50	4.000	120.000	66.900	16	1
			Med. C-120	120	6.000	150.000	66.900	16	1
			Grande C-150	150	8.000	190.000	66.900	16	1
	Cocinas 3B	Salamandra	-	-	-	60.000	66.900	16	1
	Calortec	Salamandra	-	-	-	50.000	66.900	16	1
GN Y GLP	Solargas	Estufas	SG400	-	-	168.000	0	16	2
			SG350	-	-	154.000	0	16	2
			SG250	-	-	109.000	0	16	2
			SG180	-	-	98.000	0	16	2
			MK400	-	-	168.000	0	16	2

	Marca	Tipo	Modelo	Área de calefacción máxima (m ²)	Potencia (kcal/h)	Costo* (pesos)	Mantenimiento decenal (\$)	Vida Útil	Eficiencia
GN Y GLP	Longvie	Estufas	Tiro balanceado EB5S	44	-	178.000	0	16	2
			Tiro Balanceado EB3S	26	-	117.000	0	16	2
			Por Convección 15.000BTU	35	3.800	114.000	0	16	2
			Por Convección 25.000BTU	57	6.300	168.000	0	16	2
			Tiro Balanceado con Termostato 15.000BTU	26	3.800	220.000	0	16	2
			Tiro Balanceado con Termostato 25.000BTU	44	6.300	288.000	0	16	2
PELETS	Bosca	Estufa	Turbo Pellet	50-150	9.000	549.000	66.900	14	3
			Spirit Pellet	50-170	10.000	736.900	66.900	14	3
	Amesti	Estufa	Classic 450 Pellet	130-190	11.200	599.900	66.900	14	3
			Italy 6000	30-100	5.300	749.000	66.900	14	3
	Palazzetti	Estufa	Kilma 6	140	5.418	Sin datos	66.900	14	3
			Kilma 9	180	7.310	Sin datos	66.900	14	3
			Dalila Silent	180	7.050	Sin datos	66.900	14	3
			Denise	160	6.360	1.179.592	66.900	14	3
			Aurora	200	9.450	Sin datos	66.900	14	3

* El costo de instalación está incluido en el costo del equipo

Tabla 77. Características de los equipos de cocina a la venta actualmente

	Marca	Modelo	Potencia (kcal/h)	Volumen (l)	Costo* (pesos)	Mantenimiento (diez años) (\$)	Vida Útil	Eficiencia
LEÑA	Alcazar	72x56	6.000	15,1	114.000	66.900	15	1
		82x56	-	-	135.000	66.900	15	1
		92x63	-	-	Sin datos	66.900	15	1
		102x72	-	-	176.000	66.900	15	1
	Gross	72x56	-	-	147.000	66.900	15	1
		82x56	5.700	17,4	229.900	66.900	15	1
		92x63	-	-	155.900	66.900	15	1
		125x72	-	-	298.000	66.900	15	1
		140x82	-	-	500.000	66.900	15	1
		160x82	9.000	-	629.000	66.900	15	1
		con serpentín 125x72	-	-	372.000	66.900	15	1
	Klapp	71x52	-	-	166.700	66.900	15	1
		con serpentín 71x52	-	-	205.000	66.900	15	1
		200x100	-	-	Sin datos	66.900	15	1
	Yunque	70x46	-	-	Sin datos	66.900	15	1
		80x56	6.000	18,9	142.000	66.900	15	1
		90x60	-	-	165.200	66.900	15	1
		100x70	-	-	Sin datos	66.900	15	1
		150x100	-	-	Sin datos	66.900	15	1
		200x100	-	-	Sin datos	66.900	15	1
	Krisol	56x32	-	-	55.000	66.900	15	1
	Pucón	64x64	-	-	81.000	66.900	15	1
		con serpentín 82x56	-	-	117.000	66.900	15	1
	Iberia	70x56	-	-	99.500	66.900	15	1

	Marca	Modelo	Potencia (kcal/h)	Volumen (l)	Costo* (pesos)	Mantenimiento (diez años) (\$)	Vida Útil	Eficiencia
GLP	Mademsa	DIVA 820 (6 quemadores)**		-	117.000	0	16	2
		Vivace VC-130 (4 quemadores)	9.888	66	179.990	0	16	2
		DIVA 645		66	109.990	0	16	2
		Diva 613 (4 quemadores)	9.888	66	119.990	0	16	2
		DIVA 675 **		66	119.990	0	16	2
		Diva 655 B		66	169.990	0	16	2
		Diva 645 S		66	149.990	0	16	2
	Sindelen	CH-7350s BL (4 quemadores)	9.888	-	139.990	0	16	2
		AVANTI CH-9000 SI	11.200	-	129.990	0	16	2
		AVANTI CH-9350S (4 quemadores) **	9.888	-	99.990	0	16	2
		AVANTI CH-9400 SI **		-	129.900	0	16	2
		AVANTI CH-9600IN **		-	109.990	0	16	2
		CH-9900 SV		-	159.900	0	16	2
GN	FDV	Desing 65	9.458	-	154.990	0	16	2
		Tradicional 60	11.200	-	99.900	0	16	2

* El costo de instalación está incluido en el costo del equipo

** Cocinas que vienen preparadas también para GN

Fuente: Sodimac, Easy, Abcdin, Sindelen, Alcazar, Mademsa, Bosca, Gross, Yunque, Pucón, FDV, Iberia, Krisol, Klapp, Amesti y Creara

Se puede observar que los equipos que se venden en la actualidad no se caracterizan por una eficiencia elevada. El baremado de la eficiencia se realiza en función del rendimiento del equipo, según los datos que se observan en la tabla 75.

8.3 Características técnicas de alternativas de equipos de calefacción y cocción a la combustión de leña

Aunque las estufas de leña son las más elegidas por la población de Coyhaique, no son la única alternativa de la que disponen. A continuación se van a exponer distintas alternativas que utilicen otros combustibles:

8.3.1.1 Calefacción

Estufas

Estufas a gas: debido a la combustión del gas calientan por radiación o por convección. Usan el oxígeno del interior del recinto y emiten gases de efecto invernadero (GEI), o nocivos, al ambiente. Debido a ello, y para evitar intoxicaciones, se recomienda su uso en lugares donde la renovación de aire sea constante.

- **Estufas a gas de llama abierta:** calientan por convección. Produce niveles de CO₂ bajos. El aire caliente producido en el quemador desplaza el aire frío hacia abajo, el cual es absorbido hacia abajo y se calienta.
- **Estufas a gas de tiro balanceado:** Su mecanismo es similar al anterior. Calientan por convección. El aire caliente asciende y desplaza hacia abajo el aire frío, el cual es absorbido por el calefactor e iniciando así una renovación del aire.
- **Estufas a gas catalíticas:** calientan por radiación, emitiendo humedad. Los niveles de CO₂ derivados de su uso son bajos.
- **Estufas a gas infrarrojas:** calientan por radiación. Posee placas cerámicas que radian calor y genera elevados niveles de CO₂. Se debe ubicar en lugares en los que la renovación de aire sea constante.

Estufas a parafina: son estufas que calientan el ambiente por radiación. Poseen un quemador y una pantalla reflectora que le rodea, la cual permite la radiación del calor. Produce niveles elevados de gases nocivos para la salud y para el medio ambiente.

Estufa de pellets: una estufa de leña normal solo puede regular el fuego ahogándolo. Lo que perjudica mucho el rendimiento. En las estufas de pellets es la propia estufa la que añade pellets según la demanda de energía. Producen mucho menos monóxido de carbono.

Estufas eléctricas: las hay de tres tipos. Unas que calientan por radiación, otras que lo hacen por convección y unas terceras por conducción. No producen gases nocivos para la salud ni GEI. A continuación se muestran los distintos modelos:

- **Placas radiantes:** calientan por radiación. La ventaja que tienen estos equipos es que cuentan con sistemas de seguridad que cortan el paso de electricidad al sobrecalentarse.
- **Estufas halógenas:** calientan por radiación a través de ampolletas halógenas (con gas). Tienen una rejilla protectora que evita quemaduras.
- **Calefactores a cuarzo:** como las dos anteriores, calientan por radiación a través de ampolletas halógenas. Se calientan muy rápidamente.
- **Termoventiladores:** calientan por convección. Posee unas resistencias helicoidales de alambre que generan calor y lo disipan a través de las rejillas mediante un ventilador. No contamina y al alcanzar la temperatura determinada se desconecta.
- **Calefactores oleoeléctricos:** calientan por convección. Poseen una resistencia eléctrica que calienta aceite y las placas que lo contienen.
- **Convectores eléctricos:** igual que los termoventiladores y los calefactores oleoeléctricos, calientan por convección. Dichos equipos tienen una resistencia ubicada en la parte inferior, por la que circula la corriente. El aire se calienta y asciende, desplazando el aire frío hacia abajo, el cual vuelve a ser absorbido por el convector.
- **Calefactores textiles:** estos calefactores calientan por conducción mediante resistencias. Hay distintos tipos, como calienta camas, calienta pies, almohadas, mantas, etc.
- **Fibra de carbono:** es el modelo más novedoso. Calientan hasta tres veces más que una estufa eléctrica tradicional. Con menos W consiguen mayor poder calorífico.

Calderas

Calderas de gasoil: las calderas de gasoil son aquellas que usan como combustible el gasoil o gasóleo, son baratas y tienen un mantenimiento relativamente sencillo. Por el contrario, contaminan más que aquellas que usan gas natural o biomasa. Este tipo de calderas son eficaces y rápidas, son capaces de calentar una habitación en menor tiempo que otros tipos. La caldera es el lugar donde se calienta el agua, usando el combustible. El agua caliente circula por un circuito de tuberías, que llega a los radiadores que estén instalados en la casa, produciendo la energía para climatizar las zonas deseadas. Para esto la caldera utiliza un sistema de combustión, donde arde el gasoil. El calor que se produce calienta una parte de la caldera, donde se calienta el agua. Además de para calefacción, esta agua se puede usar como agua caliente sanitaria, dependiendo si la caldera dispone de esta opción o no.

Caldera mixta a leña y pellets: el sistema puede garantizar por sí solo el confort en calefacción y agua caliente gracias a la posibilidad de utilizar dos combustibles: madera y "pellets". Las emisiones de CO₂ son bajas

Calefacción distrital: consiste en una caldera centralizada que da soporte a varios consumidores que no se relacionan entre ellos. Cada usuario paga el costo de la energía que gasta. En el caso de este estudio, todos los cálculos estarán referidos a gas, pero también sería interesante el estudio de la calefacción distrital de biomasa.

Bombas de calor

Bomba de calor eléctrica: son equipos de climatización capaces de generar tanto calor como frío, mediante consumo eléctrico, generando aire caliente que se aporta al ambiente, por lo que se pueden utilizar tanto para calefacción como para refrigeración. Los rendimientos de estos equipos son los más altos, llegando casi al 400%, e incluso en los nuevos modelos que están apareciendo en el mercado pueden superar ese porcentaje. Son recomendables sobre todo en zonas donde las temperaturas en invierno no bajan de los 0° C, ya que por debajo de esas temperaturas, sus rendimientos bajan.

8.3.1.2 Cocción

Cocinas

Cocinas a Gas: estas cocinas funcionan mediante fuegos a gas existiendo diferentes tipologías, su eficiencia es más alta que las cocinas de leña además de no generar residuos sólidos tras su utilización, por lo que son mucho más limpias.

- **Cocina a gas licuado:** estas cocinas utilizan como combustible gases licuados del petróleo, los cuales tienen un poder calorífico mayor al del gas natural, por lo que son necesarias menores cantidades de combustible.
- **Cocina a gas natural:** Su funcionamiento es idéntico al de las cocinas de gas licuado, con la ventaja de que su combustible se distribuye canalizado, por lo que su utilización es más cómoda.

Vitrocerámicas: calientan por radiación. Poseen placas cerámicas que radian calor y genera elevados niveles de temperatura, este tipo de cocinas, son mucho más limpias en cuanto a emisiones de gases en su combustión y fáciles de limpiar, pero su combustible al ser electricidad, es más caro.

Tabla 78. Alternativas a equipos actuales de calefacción y cocción

Equipo			Costo (\$)	Costo de la energía (\$/kWh)	Eficiencia	Potencia (W)	Factibilidad de aplicación en la zona térmica 7
Estufas	Gas	Tiro balanceado	96.200	69,7	1	4.000	Muy alta
		Catalíticas	51.300	69,7	1	4.200	Muy alta
		Infrarrojas	79.900	69,7	1	4.400	Muy alta
	Parafina		200.000	38,99	2	4.000	Muy alta
	Pellets		600.000	31,4	1	13.000	Alta
	Eléctricas	Placas radiantes	86.800	164,4	3	1.000	Muy alta
		Halógenas	17.000	164,4	3	1.200	Muy alta
		Calefacción a cuarzo	40.000	164,4	3	1.800	Muy alta
		Termoventiladores	15.500	164,4	3	1.650	Muy alta
		Calefacción oleoeléctrica	59.900	164,4	3	1.500	Muy alta
		Convector eléctrico	61.000	164,4	3	1.000	Muy alta
Calefactor textil		Según tipología	164,4	3	Según tipología	Según tipología	
Fibra de carbono	43.000	164,4	3	1.000	Muy alta		
Calderas	Mixta		5.400.000	Leña: 25,9 Pellets: 31,4	Leña: 2 Pellets: 3	Leña: 18.000 Pellets: 24.000	Media
	Gasoil		1.181.000	54,2	2	24.000	Media
	Distrital		11.418.491*	En función de tipología	3	En función de tipología	Según tipología
Bomba de calor eléctrica			1.800.000	164,4	4	6.900	Muy alta

Equipo			Costo (\$)	Costo de la energía (\$/kWh)	Eficiencia	Potencia (W)	Factibilidad de aplicación en la zona térmica 7
Cocinas	Gas	Cocina Gas licuado	96.200	69,7	2	4.000	Muy alta
		Cocina Gas natural	51.300	65,1	2	4.200	Muy alta
	Vitrocerámica (eléctrica)		200.000	164,4	3	3.000	Muy alta

** Inversión total para clientes residenciales de red de distribución de calor. Fuente: "EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE CALEFACCIÓN DISTRITAL EN PUNTA ARENAS"
Fuente: CreaRa*

Los costos de la energía se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Kerosene y Gas Licuado: Lista de costos de combustibles. Comisión Nacional de Energía, septiembre de 2013.
- Gas Natural: Factura de Gas Natural
- Electricidad: Costo calculado a partir de las tarifas eléctricas de la compañía Edelayesen, del grupo Sadesa
- Leña (lenga): Costo obtenido de encuestas a puntos de venta
- Pellets: Costo obtenido de encuestas a puntos de venta

A continuación, se evaluará la viabilidad de instalar cada uno de los equipos mencionados en la tabla anterior, en cada una de las tipologías de vivienda determinadas en los puntos anteriores. Tal y como se puede observar, dicha tabla muestra que la instalación de todos los equipos es factible en todas las tipologías de viviendas.

Tabla 79. Alternativas a equipos actuales de calefacción y cocción

Equipo			Casa aislada		Casa fila		Casa pareada	
			1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
Estufas	Gas	Tiro balanceado	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Catalíticas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Infrarrojas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Parafina		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Pellets		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Eléctricas	Placas radiantes	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Halógenas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Calefacción a cuarzo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Termoventiladores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Calefacción oleoeléctrica	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Convector eléctrico	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Calefactor textil	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Fibra de carbono	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Calderas	Mixta		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gasoil		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Distrital		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bomba de calor eléctrica			✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Creara

8.4 Proyección del parque de calefactores y cocinas entre los años 2013-2025

A continuación se va a realizar la descripción del parque de equipos cocina y de calefactores, según sus características de uso, su vida útil y ciertos supuestos que se han tenido en cuenta después de analizar las tendencias en el consumo de combustible de Coyhaique.

8.4.1 Parque de equipos de cocción y calefacción

Dicha proyección se ha realizado a partir de un número de equipos variable en función de los metros cuadrados de las viviendas de Coyhaique.

Tabla 80. Número de equipos de calefacción según m² de viviendas

m ²	% viviendas de Coyhaique	Nº Calefactores
0-30	11%	1
30-100	67%	1
>100	22%	2

Fuente: Ministerio de Energía 2010 / Creara

La relación de equipos por vivienda asciende a 1,22 equipos/vivienda.

También se ha tenido en cuenta el supuesto de que, aproximadamente el 5% de las viviendas de Coyhaique no utilizan leña como combustible para cocinar ni calefactar el hogar.

En función de los datos de la tabla anterior, se obtiene que el número de equipos entre 2013 y 2025 es el siguiente:

Tabla 81. Número de equipos de calefacción 2013-2025

Año	Número de equipos
2013	22.128
2014	22.348
2015	22.580
2016	22.858
2017	23.121
2018	23.370
2019	23.611
2020	23.825
2021	24.129
2022	24.451
2023	24.790
2024	25.148
2025	25.525

Fuente: Creara

Para estimar cuál va a ser la proyección del parque de equipos de calefacción entre 2013 y 2025 se ha obtenido la composición actual del mismo a 2012, a partir de los datos del “Registro de Artefactos a Leña de Coyhaique” del Ministerio de Medio Ambiente.

Tabla 82. Porcentaje de artefactos de leña

	MMA 2012
Cámara simple	43%
Cámara doble	22%
Salamandra	3%
Hechiza	3%
Cocina	28%
Otro	1%

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

Con el fin de conocer cuál cómo van a variar estos porcentajes entre los años proyectados, se han planteado dos escenarios.

Escenario optimista

El escenario optimista tiene en cuenta los siguientes supuestos:

- En cuanto al uso de leña como combustible, se presupone una disminución en su uso, a favor de los equipos a pellets y parafina, debido a que la sustitución de un equipo antiguo por otro más eficiente de pellets y parafina, además de generar unos ahorros económicos importantes, tiene un PRS inferior a 3 años. Además, la población está cada vez más concienciada con el problema de contaminación.
- Por el contrario en el caso de estufas eléctricas, no se produce ningún ahorro respecto a las estufas de leña, por lo que el parque de este artefacto será muy bajo.
- El uso de calefacción distrital a gas experimenta un aumento elevado entre los años 2013 y 2025.

Con los supuestos planteados anteriormente, se considera que, en 2025, las proporciones de los combustibles utilizados será la que se presenta a continuación:

Tabla 83. Porcentaje de equipos según combustible en escenario optimista

	Estimado a 2025
Equipos que cumplen con la norma	71%
Pellets	13%
Calefacción distrital	6%
Estufas a parafina	8%
Estufas eléctricas	2%

Fuente: Creara

El cálculo del parque de calefactores se hará en base a los supuestos mencionados anteriormente y a la vida útil de los equipos. Para ello, se ha tenido en cuenta la antigüedad de los equipos del parque actual de Coyhaique, (gráfica 33), en el que un 10% del total de cocinas es menor de 5 años, el 26% tiene entre 6 y 10 años y el 64% más de 10 años.

Cuando menor sea la vida útil asumida de los artefactos, más optimista será la proyección del parque a favor de mejores tecnologías. La vida útil media de estos equipos se estima de 15 años, por lo que aquellos que lleguen a esta edad serán sustituidos por nuevos equipos muchos más eficientes que los actuales, y en el caso de

artefactos a leña, por otros que cumplan con la limitación de emisiones establecida en la normativa actual.

Como resultado se obtiene la siguiente proyección de equipos de calefacción y cocción en Coyhaique, entre los años 2013 y 2025 para el escenario optimista es la que se ofrece a continuación:

Tabla 84. Proyección del parque de calefactores y cocinas en el escenario optimista

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cámara simple	8.999	8.302	7.499	6.687	5.865	5.034	4.693	4.199	3.677	2.975	1.900	811	300
Cámara doble	4.352	3.656	2.853	2.040	1.218	387	46	0	0	0	0	0	0
Salamandra	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hechiza	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cocina de leña	5.679	4.983	4.180	3.368	2.546	1.715	1.374	880	357	0	0	0	0
Otro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos de leña que cumplen la norma	1.990	3.839	5.714	7.642	9.580	11.527	12.424	13.309	14.267	15.248	16.252	17.279	17.910
Estufas a pellets	364	703	1.046	1.399	1.754	2.111	2.275	2.437	2.612	2.792	2.976	3.164	3.279
Calefacción distrital	168	324	483	646	810	974	1.050	1.125	1.206	1.289	1.373	1.460	1.513
Estufas a parafina	224	433	644	861	1.079	1.299	1.400	1.500	1.608	1.718	1.831	1.947	2.018
Estufas eléctricas	56	108	161	215	270	325	350	375	402	430	458	487	504
	22.128	22.348	22.580	22.858	23.121	23.370	23.611	23.825	24.129	24.451	24.790	25.148	25.525

Fuente: Creara

Nótese cómo los calefactores de cámara simple y doble, así como las salamandras, las hechizas y las cocinas de leña, van desapareciendo progresivamente del parque proyectado a medida que pasan los años y son sustituidos por otras tecnologías o por otros artefactos más eficientes y que cumplen con la normativa de emisiones para equipos de leña.

Por otro lado, se observa un aumento sostenido en el uso de estufas a parafina, eléctricas y a pellets. En el caso de la calefacción distrital, no se hace referencia al número de equipos existentes, sino al número de viviendas que se calientan de esta manera.

Escenario pesimista

El escenario pesimista tiene en cuenta los siguientes supuestos:

- Todos los artefactos de leña se van a sustituir al final de su vida útil por otros que cumplan la nueva norma de emisiones en las mismas proporciones que las actuales.
- En cuanto al uso de leña como combustible se presupone que no va a disminuir apenas, mientras que los equipos a pellets y parafina van a experimentar una subida muy ligera.
- La calefacción distrital a gas experimenta un ligero aumento respecto a años anteriores.

Con los supuestos planteados anteriormente, se considera que, en 2025, el de uso de los diferentes combustibles es el siguiente:

Tabla 85. Porcentaje de equipos según combustible en escenario pesimista

	Estimado a 2025
Equipos que cumplen con la norma	90%
Pellets	4%
Calefacción distrital	2%
Estufas a parafina	3%
Estufas eléctricas	1%

Fuente: Creara

El cálculo del parque de calefacciones se hará en base a los supuestos mencionados anteriormente, la vida útil de los equipos, y teniendo en cuenta el porcentaje de viviendas que no utiliza la leña como combustible, del mismo modo que se comentó en el escenario anterior.

Como resultado se obtiene la siguiente proyección de artefactos de calefacción en Coyhaique, entre los años 2013 y 2025 para el escenario pesimista es la siguiente:

Tabla 86. Proyección del parque de calefactores y cocinas en el escenario pesimista

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cámara simple	8.999	8.302	7.499	6.687	5.865	5.034	4.693	4.199	3.677	2.975	1.900	811	300
Cámara doble	4.352	3.656	2.853	2.040	1.218	387	46	0	0	0	0	0	0
Salamandra	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hechiza	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cocina de leña	5.679	4.983	4.180	3.368	2.546	1.715	1.374	880	357	0	0	0	0
Otro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos de leña que cumplen la norma	2.523	4.866	7.243	9.687	12.143	14.611	15.749	16.871	18.085	19.328	20.601	21.904	22.702
Estufas a pellets	112	216	322	431	540	649	700	750	804	859	916	973	1.009
Calefacción distrital	56	108	161	215	270	325	350	375	402	430	458	487	504
Estufas a parafina	84	162	241	323	405	487	525	562	603	644	687	730	757
Estufas eléctricas	28	54	80	108	135	162	175	187	201	215	229	243	252
	22.128	22.348	22.580	22.858	23.121	23.370	23.611	23.825	24.129	24.451	24.790	25.148	25.525

Fuente: Creara

En este escenario, los artefactos actuales de leña, también disminuyen en número a medida que pasan los años, pero en este caso dan paso a nuevas tecnologías, en una proporción mucho menor que en el escenario optimista.

Nótese como los equipos de leña que cumplen con la normativa actual de emisiones, crece de una manera más rápida en este escenario, de lo que lo hace en el escenario optimista.

9. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA LEÑA

Tras la lectura de este punto se podrá tener una visión más amplia del consumo de la leña en Coyhaique. Se conocerá desde cuál es la especie más vendida hasta el porcentaje de humedad que presentan en su mayoría.

Para obtener la información de una manera fidedigna, se ha realizado una encuesta a las leñeras certificadas por el Sistema Nacional de Certificación de la Leña, que cumplen con los estándares de la leña certificada.

Se estima que en Coyhaique un pequeño porcentaje de las leñeras son certificadas, por lo que en el punto final de este apartado se enfrentarán datos reales de consumo de leña en Coyhaique, frente a las ventas confirmadas por las leñeras certificadas. Con ello se pretende conocer cuál es el porcentaje real de venta de leña no certificada.

9.1 Catastro de los puntos de venta de leña en Coyhaique

A continuación se muestra el catastro que se ha realizado de los puntos de venta certificados en la ciudad de Coyhaique. Como se comentaba anteriormente, el nombre de estas leñeras ha sido proporcionado por el Sistema Nacional de Certificación de la Leña.

Tabla 87. Catastro de puntos de venta de leña.

NOMBRE	CONTACTO	DIRECCIÓN	HUSO	C. X	C. Y
Leñera Shalom	Emilio Espinoza	Camino a la frontera paso Altriana	18 G	729352,81 m E	4948600,91 m S
Comercial Kunick Ltda.	Klaus Kunick	Calle José De Moraleda, 274	18 G	728698,63 m E	4949632,7 m S
Sociedad Veterinaria Aysén	Jorge Oyarzún	Calle Eusebio Lillo 202 Coyhaique	18 G	731043,62 m E	4948183,98 m S
La Leñadora	Irma Paredes	Km 21 ruta 7 Sur	18 G	729352,81 m E	4948600,91 m S
Leñera La Chinita	Julio Sepúlveda	Teniente Merino, 482, Aysén	18 G	729206,05 m E	4949274,95 m S
Laminadora Austral	Víctor Sierra	21 de Mayo 826	18 G	728191,25 m E	4947975,73 m S
Luis Alberto Saenz	Eric Soto	Km 5, Coyhaique Alto, Aysén	18 G	729352,81 m E	4948600,91 m S
Arnoldo Villagrán Mardones	Arnoldo Villagrán	Sector Cerro la virgen lote 1	18 G	728698,63 m E	4949632,7 m S
Sociedad Andrés Bobadilla Ltda.	Andrés Bobadilla Labarca	Alfonso Serrano 625	18 G	731043,62 m E	4948183,98 m S
Juan José Latorre	Juan José Latorre	Parcela 4 El Verdín	18 G	729345,71 m E	4948607,81 m S
El Paisano	Silvia Vásquez	Guardia Marina Riquelme 350	18 G	729352,81 m E	4948600,91 m S
Soc. Rent Equipment Ltda.	Rodrigo Álvarez	Bilbao 2385	18 G	728191,25 m E	4947975,73 m S
Leoncio Gallardo	Leoncio Gallardo	Km 12,5 camino Balmaceda	18 G	729352,81 m E	4948600,91 m S
Daniel Poblete	Daniel Poblete	Avenida Ogana 1127 Piso 2	18 G	729352,81 m E	4948600,91 m S
Manuel Velásquez	Manuel Velásquez	Carmela de Fredes 372	18 G	679947,42 m E	4969793,15 m S
Agrícola Ganadera y Forestal Trahuilco	Alejandro Gardweg Peede	Fundo Santa Inés emperador Guillermo	18 G	729352,81 m E	4948600,91 m S
Cristian Santolalla Abello	Cristian Santolalla	Sector Alto Ñirehuao	18 G	730956,18 m E	4947888,07 m S
Agrícola Queulat Ltda.	Claudio Urrejola	Fundo lo Nuestro Km 17, Camino a Coyhaique alto s/n	18 G	734786,56 m E	4952730,38 m S
Forestal y Maderera Los Treiles	Ricardo Díaz Donoso	-	-	-	-

Fuente: Creara

9.2 Costo de los combustibles utilizados en Coyhaique

Según el estudio “Mercado de gas natural entre las regiones del Maule y los Lagos”, elaborado para el Ministerio de Energía en diciembre del año 2010, la experiencia ha indicado que la relación de costos entre combustibles utilizados en el sector residencial se ha mantenido y se mantendrán en el tiempo. Dicho estudio también concluye que los costos de los combustibles son similares a lo largo del país, debido a la estructuración del mercado. En la tabla que se muestra a continuación se han determinado los costos de todos los combustibles utilizados en la ciudad de Coyhaique:

Tabla 88. Costos de los combustibles para la zona térmica 7

Combustible	Unidad	Costo \$/unidad	Poder Calorífico Inferior (Kcal/kg)
Kerosene	kg	502	11.100
Gas licuado	kg	467	11.010
Leña (Lenga)	kg	53,98	3.609
Electricidad	kWh	164,4	860
Gasóleo	l	630	10.900
Gas Natural	m ³	590	8.100
Pellets	kg	145	4.500

Los costos de la energía se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Kerosene y Gas Licuado: Lista de costos de combustibles. Comisión Nacional de Energía, septiembre de 2013
- Gas Natural: Factura de Gas Natural
- Electricidad: Costo calculado a partir de las tarifas eléctricas de la compañía Edelayesen, del grupo Sadesa
- Leña (Lenga): Costo obtenido de encuestas a puntos de venta
- Pellets: Costo obtenido de encuestas a puntos de venta

Si bien los costos y el poder calorífico inferior que se muestran en la tabla son los que se usarán para realizar los cálculos de este estudio, dichos valores dependen de distintos factores:

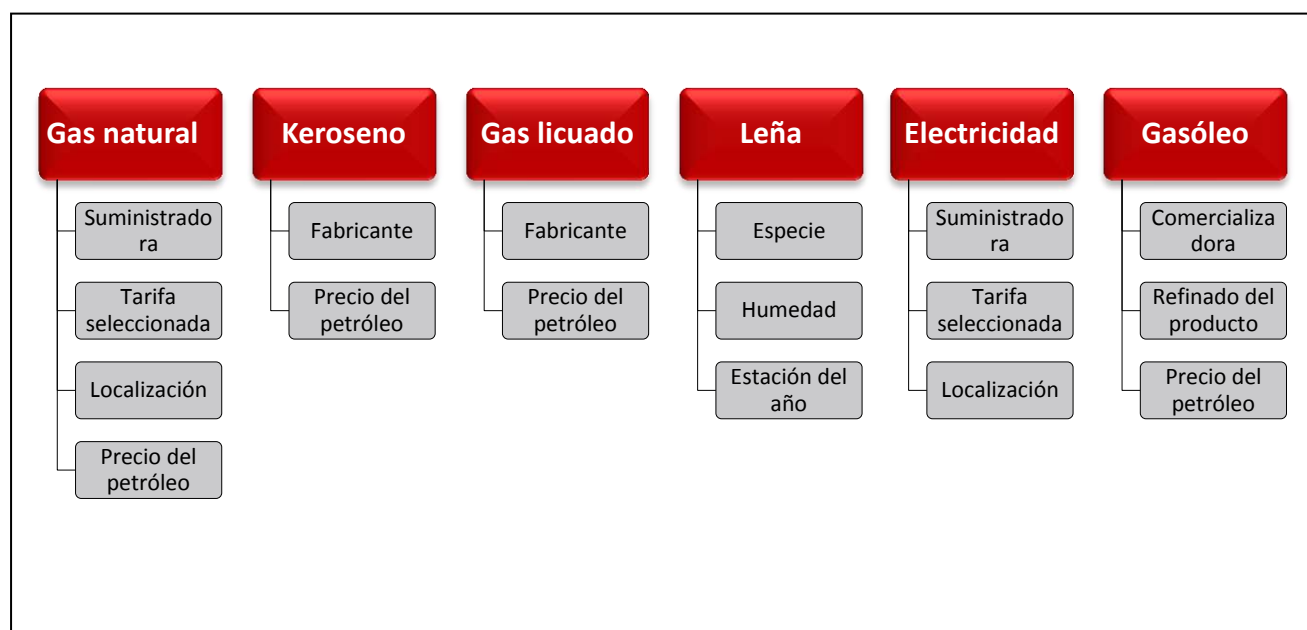


Gráfico 37. Factores que afectan al costo de los combustibles

Fuente: Creara

9.3 Caracterización de la información de la leña de Coyhaique

Para llevar a cabo este punto, se ha elaborado una encuesta enfocada a leñeras con el fin de obtener información relativa a la especie de leña que venden, el tiempo de almacenamiento, la humedad con la que se vende, el volumen de ventas anuales, etc. La encuesta se ha aplicado a todas las leñeras certificadas de Coyhaique que están registradas en el Sistema Nacional de Certificación de la Leña. En la tabla que se muestra a continuación se detallan dichas contestaciones.

Tabla 89. Respuestas a las encuestas a leñeras en Coyhaique

Nombre	Comuna	Leña certificada	Boleta	Tamaño de leñería (metro estéreo)	Unidad de comercialización	Especies	Tiempo almacenaje medio	Costo (\$/m ³)	Volumen ventas anuales (kg/año)	Beneficiario del fondo de comercialización de la leña seca
Leñería Shalom	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	6 meses	30.000	2000 m ³ /año	-
El Patrón	Coyhaique	Sí	Sí	-	-	-	-	-	-	-
Marcos Gallardo	Coyhaique	Sí	Sí	100-200	m ³	Lenga	4 meses	25.000	850 m ³ /año	no
Comercial Kunick Ltda.	Coyhaique	Sí	Sí	-	Saco	Lenga	10 meses	3.400 (saco)	3.500 sacos/año	no
La Leñadora	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	6 meses	28.000	1500 m ³ /año	Capital semilla 2005
Leñería Aysén	Aysén	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	12 meses	25.000	900 m ³ /año	no
Leñería La Chinita	Coyhaique	Sí	Sí		m ³	Lenga	6 - 8 meses	24.000 - 30.000	400 m ³ /año	no
Laminadora Austral	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	6 - 8 meses	24.000	800 m ³ /año	no
Luis Alberto	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	9 - 12 meses	25.000	1500 m ³ /año	no
Arnoldo Villagrán Mardones	Coyhaique	Sí	Sí	100-200	m ³	Lenga-Coihue-Tepa-tineo	12 - 24 meses	25.000-42.000	150 m ³ /año	no
Sociedad Andrés Bobadilla Ltda.	Coyhaique	Sí	Sí	40-100	m ³	Lenga	8 meses	24.000	1000 m ³ /año	no
Juan Latorre	P. Aysén	Sí	Sí	40-100	m ³	Lenga	5 meses	25.000	120 m ³ /año	no
Hilda Barientos	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	6 -12 meses	25.000	1500 m ³ /año	Capital semilla sercotec-2011

Nombre	Comuna	Leña certificada	Boleta	Tamaño de leñería (metro estéreo)	Unidad de comercialización	Especies	Tiempo almacenaje medio	Costo (\$/m ³)	Volumen ventas anuales (kg/año)	Beneficiario del fondo de comercialización de la leña seca
El Paisano	Coyhaique	Sí	Sí	>200	Otro	Lenga	2 meses	1.190 \$/paquetes	4.800 paquetes/año	Capital semilla sercotec-2013
Soc. Rent Equipment Ltda.	Coyhaique	Sí	Sí	-	-	-	-	-	-	-
Daniel Poblete	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	4-5 meses	25000	2500 m ³ /año	Capital asociativo Sercotec
Manuel Velásquez	Puerto Aysen	Sí	Sí	100-200	m ³	Lenga - ñire	6-7 meses	27.000	-	no
Agrícola Ganadera y Forestal Trahuilco Ltda.	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga - cohigue	5- 6 meses	25.000 - 30.000	700 m ³ /año	no
Cristian Santolalla Abello	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	8 meses	28.000	1800 m ³ /año	no
Agrícola Queulat Ltda.	Coyhaique	Sí	Sí	>200	m ³	Lenga	12 meses	25.000	1.000 m ³ /año	no

Fuente: Creara a partir de la encuesta realizada a leñeras

Uno de los puntos recalcados por la mayoría de los dueños de las leñeras certificadas consultadas, es la existencia de un mercado que no es tenido en cuenta y que no cumple con los estándares de certificación de leña. Con el fin de determinar el porcentaje de leña vendida no certificada, se compararán las ventas anuales declaradas por los vendedores certificados de leña, con el consumo real de Coyhaique obtenido a partir de las encuestas elaboradas por el Ministerio de Energía en 2010.

En la municipalidad de Coyhaique se ha determinado que el consumo de leña para los distintos tipos de cocina y equipos de calefacción es el siguiente:

Tabla 90. Consumo de leña en Coyhaique

	Consumo leña anual (kg)	% nivel socioeconómico	% de viviendas	Consumo población (kg)
ABC1	6.448	2%	1.072	6.914.475
C2	4.923	10%	5.362	26.397.159
C3	3.478	27%	14.477	50.350.640
D+E	3.373	61%	32.707	110.322.781
				193.985.000

Fuente: Ministerio de Energía 2010

En ese sentido, el total de la leña consumida en Coyhaique, asciende aproximadamente hasta las 193.983 toneladas de leña anuales. Dichos datos comparados con las encuestas realizadas a los leñeros de Coyhaique, que estiman que el total de sus ventas anuales asciende a 46.223 toneladas. Cabe destacar que, de aquellas leñeras certificadas de las que no se han obtenido el volumen de venta anual, se ha tomado como dato la media de las que sí contestaron. De esto se deduce una diferencia de 147.760 toneladas de leña, lo que significa que casi un 76% de la madera que se consume en Coyhaique proviene de leñeras no certificadas.

10. SISTEMATIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

El apartado 10 conllevará una recopilación de la información de consumo base de energético residencial para cada combustible, enfatizado en el consumo de leña. Con ello se construirán varios perfiles de consumos anuales que se relacionarán con el uso (calefacción, cocción u otros) y con el nivel socioeconómico de la población (ABC1, C2, C3, y D).

Luego de realizar este análisis, se determinarán los costos de combustibles alternativos de calefacción como pellets, o gas natural entre otros. Con ello se determinará el consumo del hogar con este nuevo combustible, ante la misma demanda energética. Para ello se tendrán en cuenta no sólo los PCI (poder calorífico interior) de estos combustibles si no que también la eficiencia de los equipos.

10.1 Consumo base de energético residencial para cada combustible

A partir de los datos obtenidos en las 204 encuestas elaboradas en 2010 para el estudio del Ministerio de Energía “Usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial” se obtiene el siguiente apartado. Extrapolando las 204 encuestas al total de viviendas de Coyhaique, los consumos bases de energético residencial para cada combustible son los siguientes:

Tabla 91. Consumo base de energéticos en Coyhaique

Combustible	Consumo	Unidad
Electricidad	34	GW
Leña	664	GW
Gas licuado	39	GW
Gas Natural	0	GW
Gas Ciudad	0	GW
Parafina	0,3	GW
Carbón	0,6	GW
Pellet	0	GW
Otros	0	GW

Fuente: Creara en base al Ministerio de Energía 2010

A continuación se va a construir un perfil de consumo de cada uno de los combustibles, por uso y nivel socioeconómico. En el caso de la leña también se tendrá en cuenta la estación del año.

10.1.1.1 Gas licuado del petróleo

El GLP es uno de los combustibles más utilizados en Coyhaique. Su distribución según estrato socioeconómico es la que sigue:

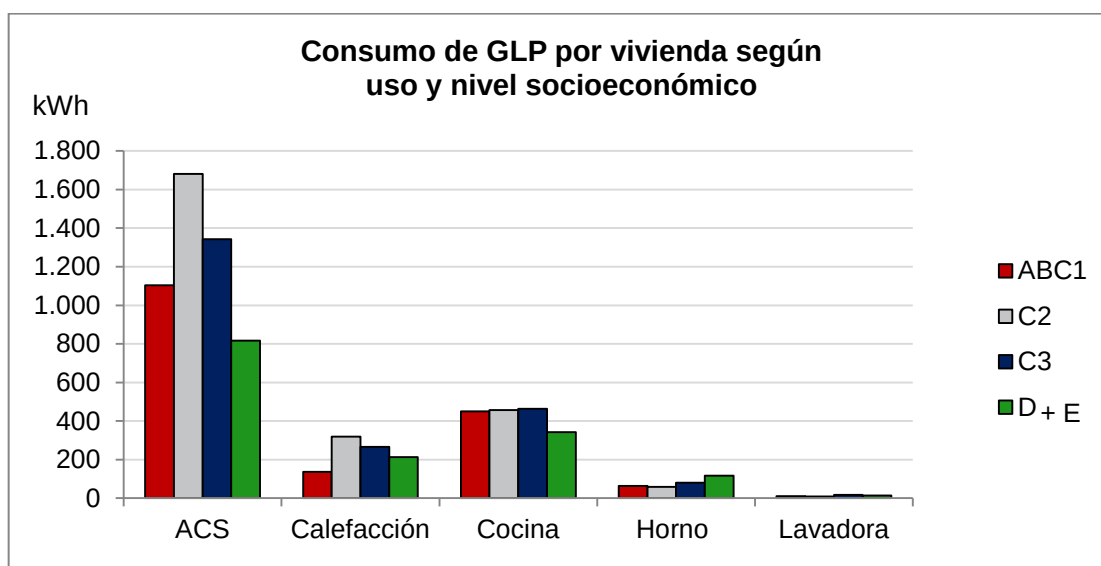


Gráfico 38. Consumo de GLP anual según uso y nivel socioeconómico.

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Se puede observar cómo el GLP es utilizado principalmente para el ACS (agua caliente sanitaria), donde el grupo socioeconómico que más lo utiliza es el C2, seguido por las cocinas. Por otro lado, en el resto de los usos se observa un reparto muy equitativo del consumo entre los distintos estratos.

10.1.1.2 Electricidad

A continuación se muestra cuál es el consumo eléctrico por vivienda tipo y nivel socioeconómico en la ciudad de Coyhaique.

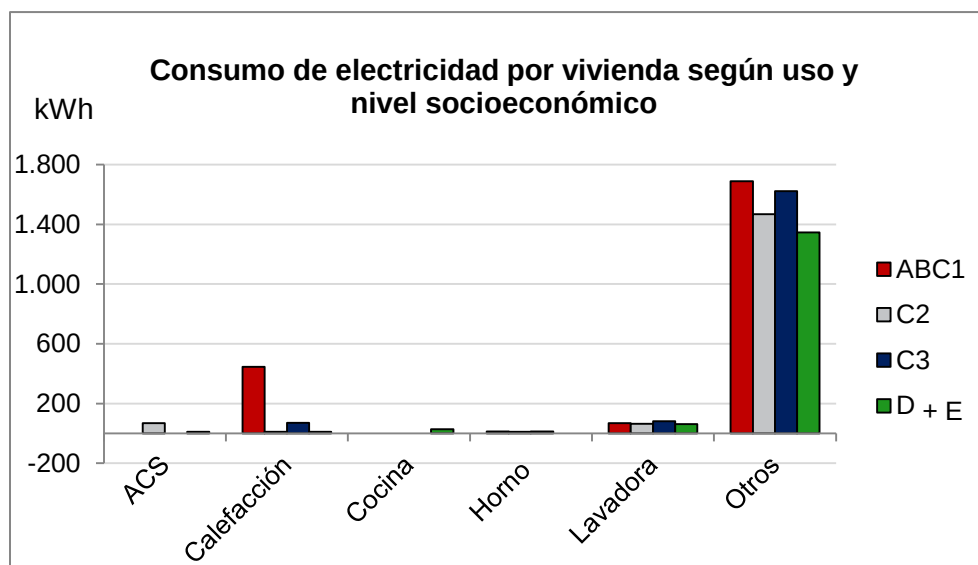


Gráfico 39. Consumo de electricidad anual según uso y nivel socioeconómico.

Fuente: Ministerio de Energía 2010

El gráfico anterior muestra que el nivel socioeconómico ABC1 consume una media de 450 kWh anuales de electricidad en calefacción por vivienda, mientras que el resto de grupos sociales no presentan consumo eléctrico para dicho uso. Donde se observa que se utiliza más este combustible es en el apartado “Otros”, que incluye los electrodomésticos, la iluminación, las piscinas y el riego. Cabe destacar que en este caso el estrato socioeconómico no está directamente relacionado con el consumo eléctrico ya que todos los grupos presentan consumos similares.

10.1.1.3 Leña

Obsérvese cómo el uso de leña está destinado principalmente a calefacción. En este caso no hay una relación directa con el consumo y el nivel socioeconómico ya que los cuatro grupos presentan unos consumos bastante similares, que pueden llegar hasta los 35.000kWh anuales. En comparación con otras ciudades de chilenas, es un consumo elevado, pero está justificado con las bajas temperaturas que se alcanzan en invierno.

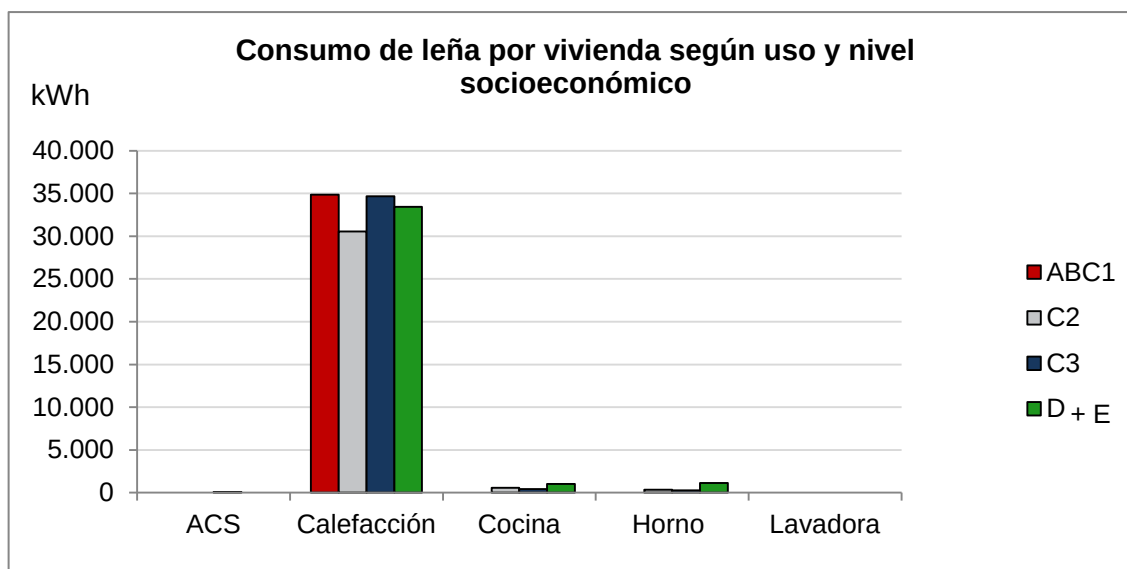


Gráfico 40. Consumo de leña anual según uso y nivel socioeconómico.

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Para este combustible se considera importante tener en cuenta cuál es la época del año en la que se le da mayor uso.

Cabe pensar que, al ser el uso más extendido para este combustible la calefacción, el mayor uso se dará en invierno, seguido del otoño, la primavera y el verano. Asimismo, se ha analizado el “Registro de artefactos a leña” de 2012 elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente para la ciudad de Coyhaique y se ha concluido que un 47% de la población de esta municipalidad compra la leña durante el verano porque, además de ser más barata, se deja secar durante todo el periodo cálido para disminuir su humedad y que sea más eficiente a la hora de su uso.

10.1.1.4 Parafina

A continuación se muestra una gráfica que enfrenta el nivel socioeconómico con el consumo de parafina por vivienda en la ciudad de Coyhaique.

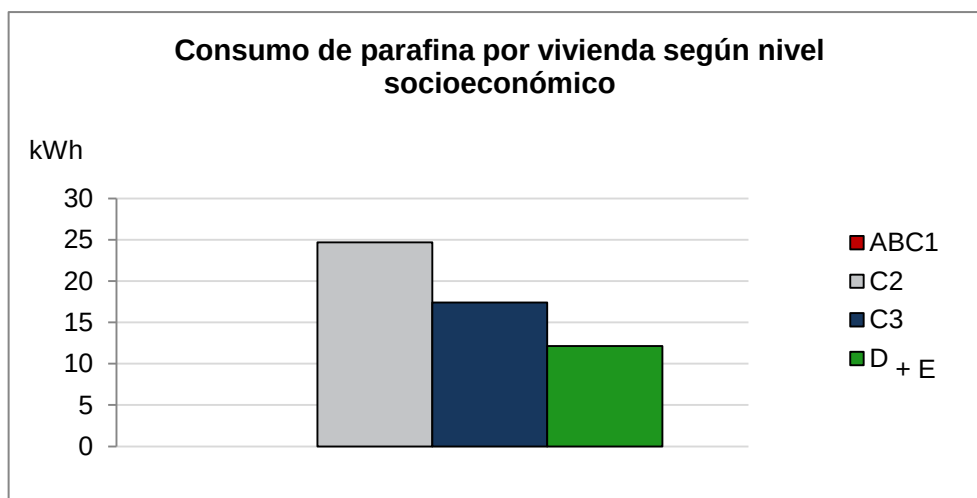


Gráfico 41. Consumo de parafina anual según nivel socioeconómico.

Fuente: Ministerio de Energía 2010

El uso de la parafina en Coyhaique, no guarda ninguna relación con el estrato socioeconómico. Se observa como el grupo C2 es el principal consumidor de dicho combustible, mientras que el ABC1 no presenta ningún consumo.

10.1.1.5 Carbón

En el caso del carbón se observa que el único grupo que lo consume en Coyhaique es el grupo C3, con un consumo medio por vivienda de 130 kWh anuales.

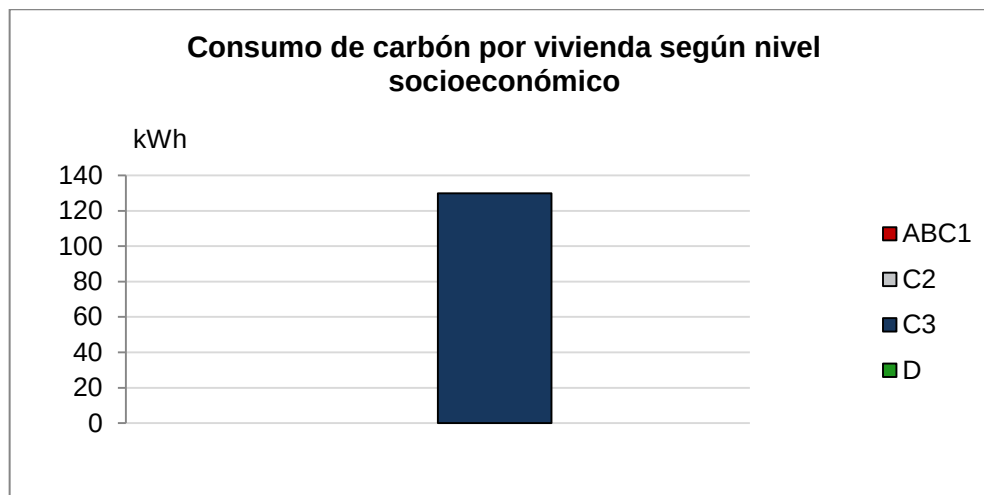


Gráfico 42. Consumo de carbón anual según nivel socioeconómico.

Fuente: Ministerio de Energía 2010

10.2 Determinación de costos de combustibles alternativos

En este punto se determinará el costo de combustibles alternativos de calefacción, como podrían ser pellets, gas natural, parafina, etc. Para ello, se evaluarán los costos y los ahorros generados de un cambio de equipo y tecnología, con el fin de analizar la conveniencia de la sustitución.

A partir de los datos obtenidos en el apartado anterior, se ha determinado el costo que tendría para cada uno de los grupos socioeconómicos el uso de los diversos combustibles. Debido a que en Coyhaique los tres combustibles más usados son la leña, el gas licuado y la electricidad, se determinará el costo de los combustibles alternativos en estos casos. El rendimiento de los equipos se ha extraído del 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”.

CALEFACCIÓN

En este punto se va a suponer las estufas que se encuentran en las viviendas son de combustión simple, con un rendimiento de 0,55.

Cambio a estufa que cumple con la actual normativa de emisión

Primeramente se sustituirán las estufas simples por estufas que cumplen con la norma de emisión (DS N°39 del Ministerio de Medio Ambiente, publicada en 2012 y promulgada en 2011). Los rendimientos de dichos equipos son de 0,55 y 0,78 respectivamente.

Tabla 92. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa que cumple la normativa de emisiones DS N°39

	Consumo energético estufa simple (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Demanda energética (kWh/año)	Consumo energético estufa cumple norma (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Ahorro (\$/año)	PRS (años)
ABC1	34.847	447.869	19.166	24.572	315.805	132.064	1,6
C2	30.544	404.431	16.799	21.538	276.809	127.621	1,7
C3	34.656	455.482	19.061	24.437	314.071	141.411	1,5
D+E	33.425	457.261	18.384	23.569	302.918	154.344	1,4

Fuente: Creara

Como se puede observar, en la tabla anterior se muestra el ahorro medio anual por vivienda y por nivel socioeconómico. Las viviendas del grupo D+E son las que

presentarán mayor ahorro por cambio de equipo, llegando hasta los 155.000\$ anuales. Además, teniendo en cuenta un costo de estufa que cumple la norma de 216.308\$ (costo promedio de todas las estufas de que cumplen la normativa, consultadas en la tabla 78), los PRS son inferiores a un año en todos los casos.

Cambio a estufa de pellets

En esta ocasión se plantea un cambio de combustible a pellets, que, aunque ligeramente más caro que la leña, tiene un poder calorífico superior. Esto unido a que el rendimiento de la estufa de pellets (0.85) es bastante superior al de la de simple combustión (0.55), genera los ahorros que se muestran a continuación:

Tabla 93. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa de pellets

	Consumo energético estufa simple (kWh)	Gasto en leña (\$)	Demanda energética (kWh)	Consumo energético estufa de pellets (kWh)	Gasto en leña (\$)	Ahorro (\$)
ABC1	34.847	447.869	19.166	22.548	626.339	-178.469
C2	30.544	404.431	16.799	19.764	548.998	-144.567
C3	34.656	455.482	19.061	22.424	622.898	-167.416
D+E	33.425	457.261	18.384	21.628	600.778	-143.517

Fuente: Creara

En el caso de los pellets, no se observa un ahorro en combustible.

Cambio a estufa de parafina

Otra de las opciones planteadas es el cambio de la estufa de combustión simple por una estufa de parafina, con un elevado poder calorífico y con un rendimiento de 0,8. Los ahorros derivados del cambio de combustible son los que siguen:

Tabla 94. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa de parafina

	Consumo energético estufa simple (kWh)	Gasto en leña (\$)	Demanda energética (kWh)	Consumo energético estufa a parafina (kWh)	Gasto en parafina (\$)	Ahorro (\$)
ABC1	34.847	447.869	19.166	23.957	934.035	-486.166
C2	30.544	404.431	16.799	20.999	818.700	-414.269
C3	34.656	455.482	19.061	23.826	928.905	-473.423
D+E	33.425	457.261	18.384	22.980	895.918	-438.657

Fuente: Creara

En el caso de la parafina, y al costo actual obtenido, se observa que su cambio no es rentable en ninguno de los casos.

Cambio a estufa eléctrica

La última opción propuesta consiste en el cambio de la estufa simple por una estufa eléctrica, que presenta un rendimiento de 1.

Tabla 95. Ahorros derivados de sustitución de estufa simple por estufa eléctrica

	Consumo energético estufa simple (kWh)	Gasto en leña (\$)	Demanda energética (kWh)	Consumo energético estufa eléctrica (kWh)	Gasto en electricidad (\$)	Ahorro (\$)
ABC1	34.847	447.869	19.166	19.166	3.150.884	-2.703.014
C2	30.544	404.431	16.799	16.799	2.761.809	-2.357.379
C3	34.656	455.482	19.061	19.061	3.133.577	-2.678.095
D+E	33.425	457.261	18.384	18.384	3.022.300	-2.565.038

Fuente: Creara

En este caso no se producen ahorros derivados del cambio de combustible ya que el costo de la electricidad es elevado respecto al de la leña.

COCINA

En Coyhaique el mayor consumo de combustibles para cocinas es el derivado del gas licuado del petróleo. Una cocina de estas características tiene un rendimiento del 0.78.

Cambio a cocina de gas natural

Tabla 96. Ahorros derivados de sustitución de cocina de GLP por cocina de GN

	Consumo energético cocina GLP (kWh)	Gasto en GLP (\$)	Demanda energética (kWh)	Consumo energético cocina GN (kWh)	Gasto en GN (\$)	Ahorro (\$)	PRS (años)
ABC1	450	16.462	351	450	33.171	-19.781	-
C2	457	16.702	356	457	33.655	-20.069	-
C3	463	16.927	361	463	34.109	-20.340	-
D+E	343	12.543	268	343	25.275	-15.072	-

Fuente: Creara

En este caso no se producen ahorros derivados del cambio de combustible, debido a que, aunque el PCI del GN es inferior que el del GLP, el costo del primero es ligeramente superior al del segundo.

Cambio a cocina de leña A++

Según la encuesta del Ministerio de Energía de 2010, existe también un pequeño porcentaje de coyhaiquinos que utilizan leña en la cocina. Se han calculado también los ahorros derivados del cambio de cocina de leña estándar, a una A++. Los resultados son los siguientes:

Tabla 97. Ahorros derivados de sustitución de cocina de leña estándar por cocina de leña A++

	Consumo energético cocina leña (kWh)	Gasto en leña (\$)	Demanda energética (kWh)	Consumo energético cocina leña A++ (kWh)	Gasto en leña (\$)	Ahorro (\$)	PRS (años)
ABC1	0	0	0	0	0	0	0
C2	564	7.251	226	4.143	4.143	3.107	917,8
C3	438	5.631	175	3.218	3.218	2.413	1.181,9
D+E	1.038	13.337	415	7.621	7.621	5.716	499,0

Fuente: Creara

Tal y como se puede observar en este último caso, los ahorros producidos son bajos en relación al costo de una cocina de leña altamente eficiente de calificación A++. El costo estimado de una cocina de estas características, asciende aproximadamente a 2.852.000\$*. Por ello, los PRS son tan elevados.

*Costo basado en cocina de leña América de La Nórdica Extraflame

10.3 Conclusiones

Tras evaluar todas las alternativas posibles a equipos de leña antiguos que no cumplen con la normativa de emisiones actual, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 98. Ahorros derivados de la sustitución de equipos

Medida	Ahorro promedio (\$)	PRS promedio (años)
Cambio estufa de combustión simple por estufa que cumple la norma de emisiones	138.860	1,57
Cambio estufa de combustión simple por pellets	-158.492	-
Cambio estufa de combustión simple por parafina	-453.129	-
Cambio estufa de combustión simple por eléctrica	-3.794	-
Cambio cocina de GLP por GN	-18.816	-
Cambio cocina de leña por leña A++	2.809	866,20

Fuente: Creara

Claramente se observa como de todas las sustituciones propuestas, la única que se considera rentable es la que propone el cambio de estufa de combustión simple por una que cumpla con la normativa de emisiones anteriormente mencionada. En los casos en los que la sustitución de los equipos no sea rentable, es debido al costo del combustible alternativo, bastante mayor que el de la leña.

Durante los años de duración del PRS el ahorro experimentado por el cambio de combustible, se verá invertido en el costo del equipo nuevo. Sin embargo, una vez cumplido este periodo, el total del ahorro revertirá en el bolsillo del ciudadano.

11. BIBLIOGRAFÍA

11.1 Comunicaciones personales

- Arquitectos y constructoras reflejadas en el Anexo 2.
- Leñeras certificadas de Coyhaique
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Permisos de edificación años 2011 y 2012.
- Municipalidad de Coyhaique. Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO)

11.2 Datos técnicos

- <http://www.degreedays.net/>. *Grados día*
- Chilectra S.A. (2013). *Tarifas de suministro eléctrico para clientes sujetos a regulación de costos*.
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2013). *Costo de combustibles en estaciones de servicio para el septiembre de 2013*.
- Encuesta Casen (1985, 1987, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009 y 2011). Ministerio de Desarrollo Social. *Resultados generales 1985, 1987, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009 y 2011*.
- Generador de costos CYPE
- Grupo Sadesa (2013). *Tarifas de suministro eléctrico para clientes sujetos a regulación de costos*.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (1992). *Resultados generales Censo 1992*.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2002). *Resultados generales Censo 2002*.

- Metrogas S.A. (2010). *Listado de tipos de gas y servicios afines prestados por Metrogas*
- Reglamentación Térmica 2000
- Reglamentación Térmica 2007.
- Reglamentación Térmica 2013. Documento provisional.
- Sistema de Información Nacional de la Calidad del Aire (SINCA). *Temperatura*

11.3 Datos teóricos

- Ambiente Consultora 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.
- Ábalos, M. (1997). Estimación del consumo de leña en las regiones V, IX y X. Memoria, Universidad de Chile, Departamento Manejo de Recursos Naturales, Santiago.
- Asociación Chilena de Empresas de Investigación de Mercado (AIM). (2010). Metodología de clasificación de niveles socio-económico.
- Adimark. Estudios de Mercado. Metodología de clasificación de niveles socio-económicos.
- Cámara Chilena de la Construcción (CChC). Revista BIT N°61. (2008). Estudio técnico. Confort térmico en las viviendas.
- Comité Centro de Energías Renovables (2012). Estudio de prefactibilidad de un Sistema de Calefacción Distrital y Agua Caliente Sanitaria en base a ERNC en Coyhaique.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC). (2008). Aislación térmica exterior - Manual de diseño para soluciones en edificaciones.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC). (2010). Manual técnico - Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso.

- Donoso, N. (2009). Análisis técnico-económico en mejoras de eficiencia energética para viviendas de costo entre 1000-3000 UF. Universidad de Chile. Santiago.
- EnviroModeling Ltda (2009). Análisis De Emisiones Atmosféricas en Coyhaique.
- GreenLabUC. Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire.
- GreenLabUC. Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas.
- Instituto Forestal (2012). Estudio De Consumo Domiciliario Urbano De Material Leñoso En Valdivia
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (2008). NCh 1079 Of.2008. Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1989). NCh 1960 Of.1989. Aislación térmica - Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1987). NCh 1973 Of.1987. Aislación térmica - Cálculo del aislamiento térmico para disminuir o eliminar el riesgo de condensación superficial.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1994). NCh 2251 Of.1994. Aislación térmica - Resistencia térmica de materiales y elementos de construcción.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (2007). NCh 853 Of.2007. Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
- John O’Ryan Surveyors S.A. (2011). Estudio comparación de costos y calidad de la leña en época de invierno en Valdivia, Temuco y Gran Concepción.
- John O’Ryan Surveyors S.A. (2012). Estudio comparación de costos y calidad de la leña en época de invierno en Rancagua, Curicó, Talca y Osorno.
- Junta de Andalucía. España. (2012). “Guía de ahorro de energía en climatización”.

- Ministerio de Energía (2010). Mercado de gas natural entre las regiones del Maule y los Lagos. Santiago.
- Ministerio de Medio Ambiente (2012). Registro de artefactos a leña 2012. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (2006). Manual de aplicación reglamentación térmica. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (2006). Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (2013). Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Santiago.
- Ministerio de Vivienda de España (2012). Hogares en España. Proyecciones 2001-2012.
- Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Alojamiento para el desarrollo: una tarea para los asentamientos humanos.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C) Art. 4.1.10. (2006). Reglamentación Térmica. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Programa País de Eficiencia Energética (PPEE). (2009). Acciones y proyecciones de eficiencia energética en edificación.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile.
- Rodríguez, G. (2009). Física de la construcción. Conceptos térmicos.
- Romero Ramos, N. (2011). Consumo de energía a nivel de residencia en Chile y análisis de Eficiencia Energética en calefacción. Universidad de Chile. Santiago.
- Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de Chile (SEREMI) (2012). Informe Técnico De Antecedentes Para Declarar Las Comunas De Chillán Y Chillán Viejo Como Zona Saturada Por Norma Diaria De MP10 Y MP2,5 y Latente Por Norma Anual De MP10.
- Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de Chile (SEREMI) (2012). Informe Técnico De Calidad Del Aire Osorno Región De Los Lagos.

- Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de Chile (SEREMI) (2012). Declaración de Zona Saturada por Material Particulado Respirable (MP10) de la Ciudad de Coyhaique y su Zona Circundante, en Conformidad al Polígono que se indica.
- Servicio de Estudios Económicos del BBVA (2009). Situación inmobiliaria española.
- Universidad Austral de Chile. (2010). Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuestas de Mejoras en la Envolvente Térmica en Viviendas de la Ciudad de Valdivia.
- Universidad Austral de Chile (2012). Evaluación técnica y económica de viviendas más incidentes en demanda térmica en el radio urbano de la ciudad de Valdivia.
- Universidad Católica de Temuco. Unidad de calidad del aire facultad de ingeniería (2009). Inventario De Emisiones Atmosféricas Para Las Ciudades De Chillán Y Los Ángeles.
- Universidad Católica de Temuco. Unidad de calidad del aire facultad de ingeniería (2009). Determinación de la Zona Saturada por Material Particulado Respirable de Osorno.
- Universidad Católica de Temuco. Unidad de calidad del aire facultad de ingeniería (2013). Estudio de consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno.
- Universidad de Concepción. (2002). Priorización de medidas de reducción de emisiones por uso residencial de leña para la gestión de la calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas.
- Universidad de Santiago de Compostela. (2009). Evolución demográfica y demanda de viviendas en Galicia.
- U.S Department Of Energy (2012). Ahorro de energía. Consejos para ahorrar energía y dinero en el hogar.
- Villanueva Lagos, J (2009). Estudio de aprovechamiento energético en viviendas habitacionales DFL-2 para tres zonas climáticas de Chile. Universidad de Chile. Santiago.

- Waldo Bustamante, G. (2011). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.

12. ANEXOS

ANEXO 1

12.1 Encuesta enviada a arquitectos y constructores

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE VIVIENDAS PARA CIUDADES DEL CENTRO Y SUR DE CHILE, Y SISTEMATIZACIÓN ASOCIADA DE LA LEÑA

Creara está desarrollando el proyecto “ANÁLISIS ENERGÉTICO DE VIVIENDAS PARA CIUDADES DEL CENTRO Y SUR DE CHILE, Y SISTEMATIZACIÓN ASOCIADA DE LA LEÑA” para el **Ministerio de Medio Ambiente de Chile** cuyo fin es determinar la demanda energética de las viviendas de Coyhaique y posteriormente identificar aquellos puntos sobre los que enfocar distintas medidas a implementar, para generar una menor demanda de calefacción y ayudar, de esta forma, a la recuperación del aire en los centros urbanos.

Consideramos que para desarrollar este estudio con la máxima fiabilidad, es de suma importancia conocer la opinión de los principales arquitectos Coyhaique, ya que este proyecto en el que se le invita a participar, presentará un claro beneficio para las construcciones futuras de su municipalidad, y por lo tanto, para todos los asociados al mundo de la construcción. Se ha contactado con usted debido a su reputación como experto arquitecto de Coyhaique, y como tal, le hacemos llegar la siguiente encuesta.

Se le expondrán una serie de datos obtenidos a partir de una encuesta elaborada por el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción para el Ministerio de Energía en 2010 para la ciudad de Coyhaique, “*Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial*” y deberá concluir si está de acuerdo o no con los resultados.

Tras el análisis de los datos **Creaara** ha identificado **6** tipos de vivienda como los más representativos de Coyhaique, que podrá encontrar al final de la encuesta. Sobre ellos se realizarán los estudios necesarios para determinar su demanda energética. Agradeceríamos que nos dijese si cree que realmente son los más característicos de su ciudad.

Si tiene alguna duda respecto a la encuesta, puede ponerse en contacto con nosotros a través del teléfono: (56-2) 2 434 1853.

Una vez haya completado la encuesta, rogamos nos la haga llegar mediante el correo electrónico Analisislena@creara.es

Muchas gracias por su colaboración

-
- ¿Desde qué año se encuentra desarrollando proyectos en Coyhaique?

 - ¿Cuáles son sus principales clientes?
 - Constructoras: %
 - Inmobiliarias: %
 - Particulares: %

 - ¿Podría indicar si trabaja para alguna constructora? ¿Cuál?

 - ¿Podría indicar, en porcentaje, el nivel socio-económico del cliente final al que van dirigidas las viviendas que diseña o vende?
 - Mayor a 4000 UF: %
 - Entre 4000 y 2000 UF: %
 - Entre 2000 y 1000 UF: %
 - Entre 1000 y 600 UF: %
 - Menor a 600 UF: %

- ¿Podría indicar el número de viviendas que ha construido de cada uno de los siguientes tipos?
 - Casa aislada: viviendas
 - Casa fila: viviendas
 - Casa pareada: viviendas
 - Departamento: viviendas
 - Otros (Indicar):
- ¿Considera que los m² dados a continuación son representativos de los siguientes tipos de casa considerados en Coyhaique?

	m ² según estudio	m ² según experto	Observaciones
Casa aislada	55 – 85		
Casa fila	40 – 55		
Casa pareada	50 – 65		
Departamento	45 – 55		
Otros: _____			

- ¿Considera representativo el siguiente porcentaje relativo a los tipos de viviendas de Coyhaique?

	% de viviendas
Casa aislada	63%
Casa fila	6%
Casa pareada	29%
Departamento	2%
Otros _____	

- ¿Corresponde el siguiente porcentaje de pisos por tipo de vivienda, con su estimación personal?

	% según estudio		% según experto		Observaciones
	1 piso	2 pisos	1 piso	2 pisos	
Casa aislada	71%	29%			
Casa fila	50%	50%			
Casa pareada	44%	56%			
Departamento	50%	50%			
Otros _____	-	-			

MUROS.

Antes de 2007 (nueva Reglamentación Térmica)

- Respecto a los muros de las casas, ¿considera representativo el porcentaje dado por el Estudio del Ministerio de Energía en Coyhaique, para los materiales de los que estaba compuesto el muro antes de 2007? ¿Y el espesor más frecuente, en centímetros, de los mismos?

Material	% Estudio	Espesor Estudio	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Madera / tabiquería	88%	0,10 cm			
Albañilería / Ladrillos	8%	0,14 cm			
Bloques de hormigón	4%	-			
Hormigón armado	1%	0,12 cm			
Otro _____		-			

- El estudio del Ministerio de Energía recoge los siguientes porcentajes relativos al aislamiento de muros de las viviendas antes de 2007. ¿Está de acuerdo?

	% de viviendas con aislante según estudio	% de viviendas con aislante según experto
Casa con muros aislados antes de 2007	48%	

- ¿Podría indicar antes del año 2007, qué tipo de material se utilizaba como aislante para muros y en qué porcentaje?

Material	% Estudio	Espesor Estudio	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Lana de Vidrio	51%	40 mm			
Lana mineral	26%	40 mm			
Poliestireno expandido	21%	40 mm			
Poliuretano	2%	-			
Otro _____	-	-			

- ¿Podría indicar las capas de las que estaban formados los muros más utilizados antes del año 2007?

MUROS.

Después de 2007 (nueva Reglamentación Térmica)

- Respecto a los muros de las casas, ¿Podría indicar desde el año 2007, qué materiales son los más usados en muros y en qué porcentaje?

Material	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Albañilería / Ladrillos			
Madera / tabiquería			
Bloques de hormigón			
Hormigón armado			
Otro _____			

- Podría indicar desde el año 2007, ¿qué tipo de material aislante es el más usado en muros y en qué porcentaje?

Material	Espesor Experto	Observaciones
Lana de Vidrio		
Lana mineral		
Poliestireno expandido		
Poliuretano		
Otro _____		

- ¿Podría indicar las capas de las que estaban formados los muros más utilizados después del año 2007?

VENTANAS.

Antes de 2007 (nueva Reglamentación Térmica)

- ¿Considera verídico el porcentaje obtenido en el estudio para los cerramientos?

Cerramiento	%Estudio	%Experto	Observaciones
Vidrio Simple	97%		
Termopanel	3%		

VENTANAS.

Después de 2007 (nueva Reglamentación Térmica)

- ¿Podría indicar, para viviendas posteriores a 2007, el porcentaje para los cerramientos?

Cerramiento	%Experto	Observaciones
Vidrio Simple		
Termopanel		

TECHOS.

Antes de 2007 (nueva Reglamentación Térmica)

- ¿Está de acuerdo con el siguiente dato dado en el estudio sobre el tipo de techo más construido antes de 2007?

	% Estudio	% Experto	Observaciones
Entretecho	88%		
Techo plano	5%		
Vigas a la vista	7%		
Otro: _____	-		

- Respecto a los cielos de las casas, ¿podría indicar los principales materiales que se utilizaban antes del año 2007?

Material	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Yeso Cartón			
Madera			
Hormigón armado normal			
Otro: _____			

- Respecto a los cielos de las casas, de aquellas fabricadas antes del año 2007, ¿qué porcentaje cuenta con material de aislación?
 - Dato de estudio: 17 %
 - Dato de experto: %

Material	% Estudio	Espesor Estudio	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Lana de Vidrio	43%	40 mm			
Lana mineral	40%	40 mm			
Poliestireno expandido	14%	40 mm			
Poliuretano	3%				
Otro: _____					

TECHOS.

Después de 2007 (nueva Reglamentación Térmica)

- Cuál considera que es el tipo de techo más construido después de 2007?

	% Experto	Observaciones
Entretecho		
Techo plano		
Vigas a la vista		
Otro: _____		

- Respecto a los cielos de las casas, ¿podría indicar los principales materiales que se utilizaban después del año 2007?

Material	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Yeso Cartón			
Madera			
Hormigón armado normal			
Otro: _____			

- ¿Podría indicar desde el año 2007, qué tipo de material aislante es el más usado en cielos y en qué porcentaje?

Material	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Lana de Vidrio			
Lana mineral			
Poliestireno expandido			
Poliuretano			
Otro: _____			

PISOS

- ¿Está de acuerdo con los porcentajes dados en el estudio de viviendas que poseen piso ventilado?

Material	% Estudio	% Experto	Observaciones
Casa aislada	36%		
Casa pareada	8%		
Casa fila	7%		
Departamento	0%		

- En la actualidad, ¿qué medidas de mejora térmica de edificios, considera que son las más eficientes en esta Comuna?

Relevancia (1 a 10) donde 1 significa poco eficiente y 10 muy eficiente

Medida Muros	Relevancia (1 a 10)	Observaciones
Aislación con lana de Vidrio		
Aislación con lana mineral		
Aislación con poliestireno expandido		
Aislación con espuma rígida de poliuretano		

Otro1: (indicar) _____		
Medida Techo	Relevancia (1 a 10)	Observaciones
Aislación con lana de Vidrio		
Aislación con lana mineral		
Aislación con poliestireno expandido		
Aislación con espuma rígida de poliuretano		
Otro1: (indicar) _____		

Medida Pisos	Relevancia (1 a 10)	Observaciones
Aislación con lana de Vidrio		
Aislación con lana mineral		
Aislación con poliestireno expandido		
Aislación con espuma rígida de poliuretano		
Otro1: (indicar) _____		

Medida Ventanas	Relevancia (1 a 10)	Observaciones
Cambio de vidrio simple a doble vidriado		
Colocación de cinta y masilla alrededor de puertas y marcos de ventanas		
Otro 1: (indicar) _____ _____ _____		

- ¿Cuáles son los principales equipos proyectados y/o ejecutados, para la generación de agua caliente sanitaria y calefacción en las viviendas?

	ACS		Calefacción	
	Equipo	%	Equipo	%
Casa aislada				
Casa fila				
Casa pareada				
Departamento				
Otro				

- A continuación, y para terminar con la encuesta, se muestran los tipos de casas más representativos en Coyhaique, según el estudio realizado en 2010 para el Ministerio de Energía:

- Vivienda aislada
 - 1 piso
 - 2 pisos
- Vivienda en fila
 - 1 piso
 - 2 pisos
- Vivienda
 - 1 piso
 - 2 pisos

Sobre ellos se realizará el cálculo de la demanda energética. ¿Podría indicar si a su parecer son los más representativos de Coyhaique?

☐ Sí

☐ No

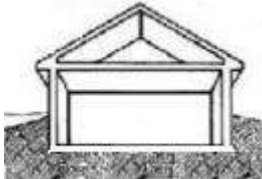
No se han tenido en cuenta los departamentos porque el porcentaje de ellos respecto el total de viviendas de la ciudad de Coyhaique, es muy bajo. ¿Está de acuerdo con esta no inclusión?

☐ Sí

☐ No

1. VIVENDA AISLADA

Las características comunes para las viviendas aisladas tipo de 1 piso son:

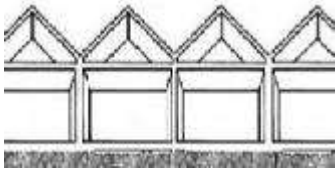
	Superficie	55-65 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Planchas de yeso cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	5 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
	Medianas	3 de madera
	Grandes	1 de madera

Las características comunes para las viviendas aisladas de 2 pisos son:

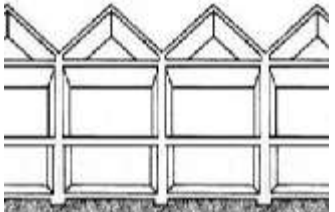
	Superficie	75 - 85 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Planchas de yeso cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	7 ventanas
	Pequeñas	3 de madera
	Medianas	3 de aluminio
	Grandes	1 de aluminio

2. VIVENDA FILA

Las características comunes para las viviendas fila de 1 piso son:

	Superficie	40 - 50 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera / tabiquería
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	4 ventanas
	Pequeñas	1 de acero
	Medianas	3 de acero
	Grandes	0 ventanas

Las características comunes para las viviendas fila de 2 pisos son:

	Superficie	35 - 45 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera / tabiquería
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	4 ventanas
	Pequeñas	2 de aluminio
	Medianas	2 de aluminio
	Grandes	0 ventanas

3. VIVENDA PAREADAS

Las características comunes para las viviendas pareadas de 1 piso son:

	Superficie	55 - 65 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera / tabiquería
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	5 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
	Medianas	3 de madera
	Grandes	0 ventanas

Las características comunes para las viviendas pareadas de 2 pisos son:

	Superficie	50 - 60 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Lana de vidrio
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	5 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
	Medianas	3 de aluminio
	Grandes	0 ventanas

OPINIÓN:

¿Considera que las viviendas, antes de 2007 tenían algún aislante que no se haya tenido en cuenta en la caracterización de las viviendas anteriormente mostradas?

12.2 Arquitectos contactados.

Tabla 99. Arquitectos consultados

Nombre	RUT	FONO
Luis Bozzolo Belgeri	6.804.550-9	234814
Gonzalo Montero Miranda	14.148.485-0	74524929
Laura Carrasco Bertrand		234814
Alejandro Cornejo Barrales	9.791.826-0	242278
Gabriel Estay Zepeda	6.100.652-4	235184/ 215250
Marcos Fierro Arias		
Sebastián Franjola Romero	15.898.068-1	94699812
María González Navarrete	8.707.277-0	670264
Luis Guerrero Cocio	8.108.997-3	236696
Ismael Infante Morales	8.119.204-9	210132
Hardy Cadagan Duran	10.983.146-8	88394516
Eduardo Mauret Galilea	7.671546-7	
Elio Olivos Lobos	5.918.066-5	
Pedro Sade Barria	6.240.093-K	
José Cuevas Hevia	10.407.046-9	98279747
Pablo Díaz Vega	14.122.929-K	77649495
Silvia Vergara Inostroza	9.644.303-K	
Hugo Zamora Carimonei	8.495.553-1	
Rodrigo Planella		231104
Carlos Otarola Oyarzun	8.302.800-9	95466610
Alejandro Del Pino	8.080.763-5	
María Soledad Gómez Doll	10.497.476-7	231851
José Troncoso Robles	9.254.598-9	232543-218741
Andrés Villouta- María Lobos	8.393.335-6	09-8695003
Yasna Leiva Fica	9.844.772-5	81376676-529305
Valeska Paredes Mansilla	15.757.668-2	6626047/81829935
María De Los Ángeles Lobos Zúñiga	11.889.457-K	95472542

12.3 Características constructivas de las viviendas de Coyhaique.

Tabla 100. Características constructivas de las viviendas de Coyhaique

				Casa aislada		Casa en fila		Casa pareada		Departamento 1	Departamento 2	Coyhaique	Suma
				1	2	1	2	1	2	1	2		
Número de viviendas (%)				63%		6%		29%		2%		100%	100%
% de número de pisos en cada tipología m²				45%	18%	3%	3%	13%	16%	1%	1%	100%	100%
Año de construcción	< 2000			55-65	75-85	40-50	35-45	55-65	50-60	45-55	45-55		
	2001-2007			31%	12%	0%	1%	12%	8%	2%		65%	100%
	>2007			10%	5%	3%	2%	1%	6%	0%		28%	
Ventilación				4%	1%	0%	0%	0%	2%	0%		7%	100%
	SI			23%		0,5%		2%		0%		26%	
				NO		40%		6%		27%		2%	75%
Muros (Material)	Antes 2007	Madera/ tabiquería		40%	16%	2%	2%	10%	10%	0,1%		81%	93%
		Hormigón armado		0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%		1%	
		Albañilería/ ladrillería		2%	0%	1%	1%	1%	3%	1%		8%	
		Bloques de hormigón		0%	1%	0%	0%	2%	0%	0,1%		3%	
		Hormigón celular		-	-	-	-	-	-	-		0%	
		Adobe		-	-	-	-	-	-	-		0%	
		Otros		-	-	-	-	-	-	-		0%	
	Después 2007	Madera/ tabiquería						5%				5%	7%
		Hormigón armado						0%				0%	
		Albañilería/ ladrillería						1%				1%	
		Bloques de hormigón						0%				0%	
		Hormigón celular						0%				0%	
		Adobe						0%				0%	
		Otros						1%				1%	
Muros (Aislamiento)	Antes 2007	No		28%	10%	2%	3%	7%	4%	1%		55%	93%
		Si	Lana de vidrio	5%	2%	1%	0%	4%	5%	1%		18%	
			Poliestireno expandido	3%	1%			0%	3,9%			9%	
			Fibra de poliester	0%	0%			0%	0%			0%	
			Poliuretano	1%	0%			0%	0%			1%	
			Lana mineral	4%	3%			1%	1%			10%	
			Otros	0%	0%			0%	0%			0%	
	Después 2007	No						0%				0%	7%
		Si	Lana de vidrio					4%				4%	
			Poliestireno expandido					3%				3%	
			Fibra de poliester					0%				0%	
			Poliuretano					0%				0%	
			Lana mineral					0%				0%	
			Otros					0%				0%	
Techo/Cielo	Entretecho			41%	14%	3%	2%	13%	13%	1%		87%	99%
	Techo plano			1%	2%	0%	1%	0%	1%	0%		5%	
	Vigas a la vista			2%	2%	0%	1%	0%	2%	0%		7%	
Cielos (Material)	Hormigon armado											1%	100%
	Madera											21%	
	Yeso Cartón											78%	

				CASA SUSTENTABLE		CASA EN TIPO		CASA BIENESTAR		DEBILITAMIENTO 1	DEBILITAMIENTO 2	COLAPSO	OTROS
Cielos (Aislamiento)	Antes 2000	No		8%	1%	0%	0%	2%	1%	1%		13%	66%
		Si	Lana de vidrio	6%	3%	0%	1%	5%	2%			16%	
			Poliestireno expandido	3%	1%			2%	1%	1%		9%	
			Fibra de poliester									0%	
			Poliuretano	1%	1%			0%	0%			1%	
			Lana mineral	15%	7%			2%	4%			28%	
		Otros										0%	
	2000-2007	No		2,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,2%	0,6%	0,0%		4%	30%
		Si	Lana de vidrio	5%	2%	3%	2%	1%	4%			18%	
			Poliestireno expandido	2%	1%				0%			4%	
			Fibra de poliester									0%	
			Poliuretano	0%	0%				0%			1%	
			Lana mineral	1%	0%				2%			4%	
		Otros										0%	
	Después 2007	No						0%				0%	7%
		Si	Lana de vidrio					4%				4%	
			Poliestireno expandido					2%				2%	
			Fibra de poliester					0%				0%	
			Poliuretano					0%				0%	
			Lana mineral					0%				0%	
		Otros						0,4%				0,4%	
Cristal	Simples							98%				98%	100%
	Temopanel							2%				2%	
Marco (Material)	<2007	Acero		5%	1%	2%	0%	1%	2%	2%		13%	93%
		Aluminio		11%	3%	0%	2%	4%	6%	0%		27%	
		Madera		25%	12%	0%	0%	7%	5%	0%		49%	
		PVC		0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%		2%	
		Otros		0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%		1%	
	>2007	Acero						0,4%				0%	7%
		Aluminio						2%				2%	
		Madera						3%				3%	
		PVC						2%				2%	
		Otros											
Nivel socioeconómico	ABC1			1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%		2%	99%
	C2			4%	3%	0%	1%	3%	2%	0,3%		13%	
	C3			10%	5%	2%	1%	3%	6%	1%		28%	
	D + E			30%	9%	2%	1%	6%	7%	0,3%		56%	

Las celdas en color gris, representan aquellos elementos de los que no se tienen datos suficientes, posteriores a 2007.

ANEXO 2

12.4 Proyecciones de población

Tabla 101. Proyección de la población 2013-2025

Proyección población residente en Coyhaique por edad y año 2013-2020 - Fuente: INE (Datos estimados basados en Censo 2002)

Carpeta Proyecciones

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Total	59.824	60.407	61.020	61.549	62.050	62.576	63.086	63.598	64.238	64.911	65.619	66.363	67.144
0- 14	14.744	14.695	14.654	14.654	14.663	14.667	14.675	14.684	14.682	14.680	14.679	14.677	14.675
15-19	5.200	5.154	5.106	5.030	4.942	4.862	4.777	4.699	4.627	4.556	4.487	4.418	4.351
20-24	4.384	4.367	4.345	4.315	4.280	4.253	4.210	4.182	4.152	4.122	4.092	4.063	4.034
25-29	4.649	4.673	4.702	4.679	4.653	4.626	4.600	4.578	4.562	4.547	4.531	4.516	4.501
30-34	4.511	4.717	4.924	4.957	4.991	5.022	5.055	5.083	5.147	5.212	5.278	5.345	5.412
35-39	4.155	4.073	4.001	4.202	4.393	4.601	4.807	5.002	5.178	5.359	5.548	5.743	5.944
40-44	4.381	4.401	4.420	4.343	4.262	4.182	4.109	4.022	3.962	3.903	3.845	3.788	3.732
45-49	4.155	4.166	4.175	4.194	4.211	4.231	4.250	4.270	4.288	4.305	4.323	4.341	4.359
50-54	3.784	3.878	3.973	3.986	3.991	4.000	4.003	4.012	4.035	4.058	4.081	4.104	4.128
55-59	3.112	3.222	3.334	3.429	3.517	3.613	3.704	3.801	3.907	4.016	4.128	4.244	4.362
60-64	2.320	2.460	2.606	2.713	2.820	2.924	3.031	3.142	3.273	3.409	3.551	3.699	3.853
65-69	1.620	1.669	1.722	1.856	1.992	2.124	2.257	2.388	2.535	2.691	2.857	3.033	3.220
70-74	1.175	1.235	1.288	1.335	1.390	1.436	1.483	1.527	1.582	1.639	1.698	1.759	1.823
75-79	782	804	834	881	931	979	1.027	1.071	1.123	1.178	1.236	1.297	1.360
80 o más	852	893	936	975	1.014	1.056	1.098	1.137	1.184	1.232	1.283	1.336	1.391
Tasa de variación	-63,8495%	0,9745%	1,0148%	0,8669%	0,8140%	0,8477%	0,8150%	0,8116%	1,0058%	1,0478%	1,0904%	1,1338%	1,1777%

12.5 Proyecciones de viviendas

Tabla 102. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario base

Control Panel			
Concepto	Fuente	Unidad	Valor
Escenarios	Input	-	Total Coyhaique
Evolución de la tasa de jefes de hogar	Input	-	BASE
Evolución del porcentaje de viviendas de segunda residencia	Input	-	BASE
Variables seleccionadas			
Evolución de la tasa de jefes de hogar			
0-14	Feed	ogares/Personas	2013201420152016201720182019202020212022202320242025
15-19	Feed	ogares/Personas	0,000

Tabla 103. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario optimista

Control Panel															
Concepto	Fuente	Unidad	Valor												
Escenarios	Input	-	Total Coyhaique												
Evolución de la tasa de jefes de hogar	Input	-	OPTIMISTA												
Evolución del porcentaje de viviendas de segunda residencia	Input	-	OPTIMISTA												
Variables seleccionadas															
Evolución de la tasa de jefes de hogar			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0-14	Feed	ogares/Personas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15-19	Feed	ogares/Personas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20-24	Feed	ogares/Personas	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
25-29	Feed	ogares/Personas	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12
30-34	Feed	ogares/Personas	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25
35-39	Feed	ogares/Personas	0,43	0,42	0,42	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,37	0,37
40-44	Feed	ogares/Personas	0,60	0,59	0,59	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,52
45-49	Feed	ogares/Personas	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39
50-54	Feed	ogares/Personas	0,56	0,55	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48
55-59	Feed	ogares/Personas	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49
60-64	Feed	ogares/Personas	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72
65-69	Feed	ogares/Personas	1,52	1,50	1,48	1,46	1,44	1,42	1,41	1,39	1,37	1,36	1,34	1,32	1,31
70-74	Feed	ogares/Personas	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80
75-79	Feed	ogares/Personas	1,05	1,04	1,03	1,01	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
80 o más	Feed	ogares/Personas	0,60	0,59	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52
Evolución del porcentaje de viviendas de 2ª residencia	Feed	%	13,33%	13,46%	13,60%	13,74%	13,87%	14,01%	14,15%	14,30%	14,44%	14,58%	14,73%	14,88%	15,03%
Stock de viviendas															
Stock de viviendas sin vender en 2012	Feed	Viviendas	650												
Stock técnico de equilibrio	Feed	Viviendas	200												
Porcentaje de sobreoferta si equilibrio	Feed	%	1%	Total Coyhaique											
Cálculo			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Proyección de creación anual de hogares	Calc	Hogares	213	224	263	251	240	233	211	289	305	322	338	356	
Proyección de hogares a 2025	Calc	Hogares	19.114	19.327	19.551	19.814	20.065	20.305	20.538	20.749	21.038	21.343	21.665	22.003	22.359
Proyección de demanda anual de viviendas	Calc	Viviendas	241	254	299	286	274	266	241	331	350	369	389	409	
Viviendas de primera residencia	Feed	Viviendas	213	224	263	251	240	233	211	289	305	322	338	356	
Viviendas de segunda residencia	Calc	Viviendas	29	30	36	35	34	33	30	42	45	47	50	53	
Viviendas terminadas anuales	Calc	Viviendas	3.797	450	154	249	289	277	268	243	334	353	373	393	413
Diferencia Demanda / Oferta	Input & Calc	Viviendas		-150	-100	-50	3	3	3	2	3	3	4	4	4
Stock de viviendas	Feed & Calc	Viviendas	650	500	400	350	353	356	358	361	364	367	371	375	379
Stock de viviendas															
Stock en 2011			600	600											
Porcentaje	Cálculo	%	100%	100%											
Correspondencia al stock 2013	Cálculo	Viviendas	650	0											
Absorción del stock 2013	Feed	Viviendas	-100	-150											

Tabla 104. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario pesimista

Control Panel															
Concepto	Fuente	Unidad	Valor												
Escenarios	Input	-	Total Coyhaique												
Evolución de la tasa de jefes de hogar	Input	-	PESIMISTA												
Evolución del porcentaje de viviendas de segunda residencia	Input	-	PESIMISTA												
Variables seleccionadas															
Evolución de la tasa de jefes de hogar			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0-14	Feed	ogares/Personas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15-19	Feed	ogares/Personas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20-24	Feed	ogares/Personas	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
25-29	Feed	ogares/Personas	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
30-34	Feed	ogares/Personas	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24
35-39	Feed	ogares/Personas	0,42	0,42	0,41	0,41	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36
40-44	Feed	ogares/Personas	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,50
45-49	Feed	ogares/Personas	0,45	0,45	0,44	0,43	0,43	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,38
50-54	Feed	ogares/Personas	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48	0,48	0,47
55-59	Feed	ogares/Personas	0,57	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,49	0,48	0,48
60-64	Feed	ogares/Personas	0,83	0,82	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70
65-69	Feed	ogares/Personas	1,51	1,49	1,47	1,45	1,43	1,40	1,38	1,36	1,34	1,32	1,30	1,29	1,27
70-74	Feed	ogares/Personas	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,78	0,77
75-79	Feed	ogares/Personas	1,05	1,03	1,02	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,93	0,92	0,90	0,89	0,88
80 o más	Feed	ogares/Personas	0,60	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52	0,51	0,50
Evolución del porcentaje de viviendas de 2º residencia	Feed	%	13,07%	12,94%	12,81%	12,68%	12,56%	12,43%	12,31%	12,19%	12,06%	11,94%	11,83%	11,71%	11,59%
Stock de viviendas															
Stock de viviendas sin vender en 2012	Feed	Viviendas	650												
Stock técnico de equilibrio	Feed	Viviendas	200												
Porcentaje de sobreoferta si equilibrio	Feed	%	1%	Total Coyhaique											
Cálculo			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Proyección de creación anual de hogares	Calc	Hogares		167	177	215	202	190	182	159	236	250	264	280	295
Proyección de hogares a 2025	Calc	Hogares	19.070	19.237	19.414	19.629	19.831	20.022	20.204	20.363	20.599	20.849	21.113	21.393	21.688
Proyección de demanda anual de viviendas	Calc	Viviendas		189	200	243	228	214	205	179	264	280	296	312	329
Viviendas de primera residencia	Feed	Viviendas		167	177	215	202	190	182	159	236	250	264	280	295
Viviendas de segunda residencia	Calc	Viviendas		22	23	27	25	24	22	19	28	30	31	33	34
Viviendas terminadas anuales	Calc	Viviendas	3.071	450	100	193	230	216	207	181	267	282	299	315	332
Diferencia Demanda / Oferta	Input & Calc	Viviendas		-150	-100	-50	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Stock de viviendas	Feed & Calc	Viviendas	650	500	400	350	352	354	356	358	361	364	367	370	373
Stock de viviendas															
Stock en 2011			600	600											
Porcentaje	Cálculo	%	100%	100%											
Correspondencia al stock 2013	Cálculo	Viviendas	650	0											
Absorción del stock 2013	Feed	Viviendas	-100	-150											

ANEXO 3

12.6 Cálculos de transmitancia, demanda energética y consumo de las viviendas antes de la RT

Tabla 105. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de madera de 1 piso antes de RT

VIVIENDA AISLADA (ANTES DE RT. 2007)

1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
1 piso	55	2	3	1

6

Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	
	0,24	0,90	1,44	Total
	0,48	2,70	1,56	4,74

El tamaño de las ventanas se ha asumido

	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
Puerta	0,80	2,00	0,08	1,68

El tamaño de la puerta se ha asumido

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{MURO} [W/K*m²]	
Madera	0,100	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	1,12	0,89	
Planchas de yeso-cartón	0,010	0,26	0,038	100%						

Ventana										
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m²]	
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	7,09	
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16		

Puerta										
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{PUERTA} [W/K*m²]	
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	2,77	
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,36	2,77		

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T, MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,00	-	1,48	0,68
Lana de vidrio	0,04	0,04	1,05						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	-					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]
Hormigón armado normal	0,01	1,63	-					-	1,40

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum_i U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	Vidrio Marco	93,00	-	0,89	-	83,04
Ventanas		3,79	-	7,09	-	33,55
Puertas		0,95	-	-	-	-
Techo		1,68	-	2,77	-	4,65
Piso		55,00	-	0,68	-	37,13
		-	31	-	1,4	43,40
						201,77

Volumen (m ³)	233,75
---------------------------	--------

G _{v1}	0,86
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,56
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	20.468
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	31.489
-------------	--------

Tabla 106. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de madera de 2 pisos antes de RT

VIVIENDA AISLADA (ANTES DE RT. 2007)

2 pisos

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

m2

Pequeñas

Medianas

Grandes

2 pisos

80

3

3

1

Pequeñas (m2)

Medianas (m2)

Grandes (m2)

Total

0,24

0,90

1,44

4,86

0,72

2,70

1,44

4,86

Ancho (m)

Alto (m)

Marco (m)

Total

Puerta

0,80

2,00

0,08

3,35

7

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Casa

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{MURO} [W/K*m²]

Madera

0,100

0,10

0,96

100%

0,12

0,00

-

1,12

0,89

Planchas de yeso-cartón

0,010

0,26

0,038

100%

Ventana

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_T [K*m²/W]

U_{MATERIAL} [W/K*m²]

U_{VENTANA} [W/K*m2]

Marco: Aluminio

0,004

210,00

0,00002

20%

0,12

0,00

0,12

8,33

8,20

Vidrio

0,003

1,20

0,003

80%

0,12

8,16

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_T [K*m²/W]

U_{MATERIAL} [W/K*m²]

U_{VENTANA} [W/K*m2]

Marco: Pino finger 25mm

0,03

0,10

0,24

20%

0,12

0,00

0,36

2,77

7,09

Vidrio 3mm

0,003

1,20

0,003

80%

0,12

8,16

Puerta

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{PUERTA} [W/K*m²]

Marco: Pino

0,03

0,10

0,24

20%

0,12

0,00

0,36

2,77

2,77

Puerta: Pino

0,03

0,10

0,24

80%

0,36

2,77

Techos Casa

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{TECHO} [W/K*m²]

Yeso de cartón

0,01

0,24

0,05

-

0,09

0,00

-

1,48

0,68

Lana de vidrio

0,04

0,04

1,05

Listones de madera de pino

0,03

0,10

0,29

Piso

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R_T [K*m²/W]

K_L [W/K*m]

Hormigón armado normal

0,01

1,63

-

1,40

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		156,00	-	0,89	-	139,29
Ventanas	Vidrio	3,89	-	8,20	-	39,04
	Marco	0,97	-	-	-	-
Puertas		3,35	-	2,77	-	9,30
Techo		40,00	-	0,68	-	27,01
Piso		-	26	-	1,4	36,40
						251,03

Volumen (m ³)	290
---------------------------	-----

G _{v1}	0,87
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,57
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	25.433
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	39.127
-------------	--------

Tabla 107. Determinación de U, Q y C de una vivienda fila de madera de 1 piso antes de RT

VIVIENDA FILA (ANTES DE RT. 2007)

1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

m2

Ventanas

Pequeñas

Medianas

Grandes

1 piso

45

1

3

0

Ventanas

1 piso

Pequeñas (m2)

Medianas (m2)

Grandes (m2)

Total

0,24

0,90

1,44

2,94

0,24

2,70

0,00

Ancho (m)

Alto (m)

Marco (m)

Total

Puerta

0,80

2,00

0,08

1,68

4

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{MURO} [W/K*m²]

Madera

0,100

0,10

0,96

100%

0,12

0,00

-

1,12

0,89

Planchas de yeso-cartón

0,010

0,26

0,038

100%

Ventana

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_T [K*m²/W]

U_{MATERIAL} [W/K*m²]

U_{VENTANA} [W/K*m2]

Marco: Aluminio

0,004

210,00

0,00002

20%

0,12

0,00

0,12

8,33

8,20

Vidrio

0,003

1,20

0,003

80%

0,12

0,00

0,12

8,16

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_T [K*m²/W]

U_{MATERIAL} [W/K*m²]

U_{VENTANA} [W/K*m2]

Marco: Pino finger 25mm

0,03

0,10

0,24

20%

0,12

0,00

0,36

2,77

7,09

Vidrio 3mm

0,003

1,20

0,003

80%

0,12

0,00

0,12

8,16

Puerta

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{PUERTA} [W/K*m²]

Marco: Pino

0,03

0,10

0,24

20%

0,12

0,00

0,36

2,77

2,77

Puerta: Pino

0,03

0,10

0,24

80%

0,12

0,00

0,36

2,77

Techos

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{TECHO} [W/K*m²]

Yeso de cartón

0,01

0,24

0,05

-

0,09

0,00

-

1,48

0,68

Lana de vidrio

0,04

0,04

1,05

Listones de madera de pino

0,03

0,10

0,29

Piso

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R_T [K*m²/W]

K_L [W/K*m]

Hormigón armado normal

0,01

1,63

-

-

1,40

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum_i U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		60,00	-	0,89	-	53,57
Ventanas	Vidrio	2,35	-	7,09	-	20,83
	Marco	0,59	-	-	-	
Puertas		1,68	-	2,77	-	4,65
Techo		45,00	-	0,68	-	30,38
Piso		-	29	-	1,4	40,60
						150,03

Volumen (m ³)	191,25
---------------------------	--------

G _{v1}	0,78
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,48
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	15.903
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	24.467
-------------	--------

Tabla 108. Determinación de U, Q y C de una vivienda fila de madera de 2 pisos antes de RT

VIVIENDA FILA (ANTES DE RT. 2007)

2 pisoS

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
1 piso	40	1	3	0

4

Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	
	0,24	0,90	1,44	Total
	0,24	2,70	0,00	2,94

	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
Puerta	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{MURO} [W/K*m²]	
Madera	0,100	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	1,12	0,89	
Planchas de yeso-cartón	0,010	0,26	0,038	100%						

Ventana										
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]	
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,00	0,12	8,33	8,20	
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16		

Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]	
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	7,09	
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16		

Puerta										
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{PUERTA} [W/K*m²]	
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	2,77	
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,36	2,77		

Techos										
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{TECHO} [W/K*m²]	
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,00	-	1,48	0,68	
Lana de vidrio	0,04	0,04	1,05							
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29							

Piso										
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]						R _T [K*m²/W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63						-	1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		120,00	-	0,89	-	107,14
Ventanas	Vidrio	2,35	-	7,09	-	20,83
	Marco	0,59	-	-	-	-
Puertas		1,68	-	2,77	-	4,65
Techo		20,00	-	0,68	-	13,50
Piso		-	24	-	1,4	33,60
						179,73

Volumen (m ³)	145
---------------------------	-----

G _{v1}	1,24
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,94
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	15.753
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	24.236
-------------	--------

Tabla 109. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de madera de 1 piso antes de RT

VIVIENDA PAREADA (ANTES DE RT. 2007)

1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

m2

Ventanas

Pequeñas

Medianas

Grandes

1 piso

60

2

3

0

5

Ventanas

1 piso

Pequeñas (m2)

Medianas (m2)

Grandes (m2)

Total

0,24

0,90

1,44

0,48

2,70

0,00

3,18

Ancho (m)

Alto (m)

Marco (m)

Total

Puerta

0,80

2,00

0,08

1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros

Elemento

e [m]

λ [W/m*K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{MURO} [W/K*m²]

Madera

0,100

0,10

0,96

100%

0,12

0,00

-

1,12

0,89

Planchas de yeso-cartón

0,010

0,26

0,038

100%

Ventana

Elemento

e [m]

λ [W/m*K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_T [K*m²/W]

U_{MATERIAL} [W/K*m²]

U_{VENTANA} [W/K*m²]

Marco: Pino finger 25mm

0,03

0,10

0,24

20%

0,12

0,00

0,36

2,77

7,09

Vidrio 3mm

0,003

1,20

0,003

80%

0,12

8,16

Puerta

Elemento

e [m]

λ [W/m*K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{PUERTA} [W/K*m²]

Marco: Pino

0,03

0,10

0,24

20%

0,12

0,00

0,36

2,77

2,77

Puerta: Pino

0,03

0,10

0,24

80%

0,36

2,77

Techos

Elemento

e [m]

λ [W/m*K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{TECHO} [W/K*m²]

Yeso de cartón

0,01

0,24

0,05

-

0,09

0,00

-

1,48

0,68

Lana de vidrio

0,04

0,04

1,05

Listones de madera de pino

0,03

0,10

0,29

Piso

Elemento

e [m]

λ [W/m*K]

R_T [K*m²/W]

K_L [W/K*m]

Hormigón armado normal

0,01

1,63

-

1,40

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	Vidrio Marco	78,00	-	0,89	-	69,64
Ventanas		2,54	-	7,09	-	22,53
Puertas		0,64	-		-	
Techo		1,68	-	2,77	-	4,65
Piso		60,00	-	0,68	-	40,51
		-	32	-	1,4	44,80
						182,13

Volumen (m ³)	255
---------------------------	-----

G _{v1}	0,71
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,41
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	20.201
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	31.079
-------------	--------

Tabla 110. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de madera de 2 pisos antes de RT

VIVIENDA PAREADA (ANTES DE RT. 2007)

2 pisos

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

m2

Ventanas

Pequeñas

Medianas

Grandes

2 pisos

55

2

3

0

5

Ventanas

2 pisos

Pequeñas (m2)

Medianas (m2)

Grandes (m2)

Total

0,24

0,90

1,44

3,18

0,48

2,70

0,00

Ancho (m)

Alto (m)

Marco (m)

Total

Puerta

0,80

2,00

0,08

1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Casa

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{MURO} [W/K*m²]

Madera

0,100

0,10

0,96

100%

0,12

0,00

-

1,12

0,89

Planchas de yeso-cartón

0,010

0,26

0,038

100%

Ventana

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_T [K*m²/W]

U_{MATERIAL} [W/K*m²]

U_{VENTANA} [W/K*m²]

Marco: Aluminio

0,004

210,00

0,00002

20%

0,12

0,00

0,12

8,33

8,20

Vidrio

0,003

1,20

0,003

80%

0,12

8,16

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_T [K*m²/W]

U_{MATERIAL} [W/K*m²]

U_{VENTANA} [W/K*m²]

Marco: Pino finger 25mm

0,03

0,10

0,24

20%

0,12

0,00

0,36

2,77

7,09

Vidrio 3mm

0,003

1,20

0,003

80%

0,12

8,16

Puerta

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{PUERTA} [W/K*m²]

Marco: Pino

0,03

0,10

0,24

20%

0,12

0,00

0,36

2,77

2,77

Puerta: Pino

0,03

0,10

0,24

80%

0,36

2,77

Techos Casa

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R [K*m²/W]

% Área

Rsi

Rse

R_{T MATERIAL} [K*m²/W]

R_T [K*m²/W]

U_{TECHO} [W/K*m²]

Yeso de cartón

0,01

0,24

0,05

-

0,09

0,00

-

1,48

0,68

Lana de vidrio

0,04

0,04

1,05

Listones de madera de pino

0,03

0,10

0,29

Piso

Elemento

e [m]

λ [W/m²K]

R_T [K*m²/W]

K_L [W/K*m]

Hormiçón armado normal

0,01

1,63

-

1,40

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		96,00	-	0,89	-	85,71
Ventanas	Vidrio	2,54	-	8,20	-	26,07
	Marco	0,64	-	-	-	
Puertas		1,68	-	2,77	-	4,65
Techo		35,00	-	0,68	-	23,63
Piso		-	24	-	1,4	33,60
						173,66

Volumen (m ³)	190
---------------------------	-----

G _{v1}	0,91
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,61
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	17.178
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	26.427
-------------	--------

12.7 Cálculos de transmitancia, demanda energética y consumo de las viviendas después de la RT

Tabla 111. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de madera 1 piso después de RT

VIVIENDA AISLADA (DESPUES DE RT. 2007)

1 piso

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{MURO} [W/K*m²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	1,68	0,60
Poliestireno	0,02	0,04	0,56	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00	20%	0,12	0,00	0,12	8,33	8,20
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	

Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	7,09
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{PUERTA} [W/K*m²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	2,77
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,36	2,77	

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{TECHO} [W/K*m²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,00	-	4,11	0,24
Lana de vidrio	0,14	0,04	3,68						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	λ [W/m*K]						R _T [K*m²/W]	U _{PISO} [W/K*m²]	
Poliestireno extruido	0,03		-				3,10	0,32	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$					
	Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K·m ²]	K _L [W/K·m]	Total
Muros	93,00	-	0,60	-	55,50
Ventanas	3,79	-	7,09	-	33,55
	0,95	-		-	
Puertas	1,68	-	2,77	-	4,65
Techo	55,00	-	0,24	-	13,37
Piso	55,00	-	0,32	-	17,74
					124,82

Volumen (m ³)	233,75
---------------------------	--------

G _{v1}	0,53
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$	
------------------------------------	--

G _{v2}	1,23
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$	
---	--

Q [kWh/año]	16.157
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	24.858
-------------	--------

Tabla 112. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de madera de 2 pisos después de RT

2 pisos

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{MURO} [W/K*m²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	1,68	0,60
Poliestireno	0,02	0,04	0,56	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					
Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,00	0,12	8,33	8,20
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	7,09
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	
Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{PUERTA} [W/K*m²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	2,77
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,36	2,77	
Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{TECHO} [W/K*m²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,00	-	4,11	0,24
Lana de vidrio	0,14	0,04	3,68						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						
Piso									
Elemento	λ [W/m²K]						R _T [K*m²/W]	U _{PISO} [W/K*m²]	
Poliestireno extruido	0,03						3,10	0,32	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		156,00	-	0,60	-	93,10
Ventanas	Vidrio	3,89	-	8,20	-	39,04
	Marco	0,97	-		-	
Puertas		3,35	-	2,77	-	9,30
Techo		40,00	-	0,24	-	9,73
Piso		40,00	-	0,32	-	12,90
						164,07

Volumen (m ³)	290
---------------------------	-----

G _{v1}	0,57
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,27
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	20.562
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	31.633
-------------	--------

Tabla 113. Determinación de U, Q y C de la vivienda fila de madera de 1 piso después de RT

VIVIENDA FILA (DESPUES DE RT. 2007)

1 piso

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{MURO} [W/K*m²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	1,68	0,60
Poliestireno	0,02	0,04	0,56	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,00	0,12	8,33	8,20
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	

Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	7,09
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%	0,12		0,12	8,16	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{PUERTA} [W/K*m²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	2,77
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,36	2,77	

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{TECHO} [W/K*m²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,00	-	4,11	0,24
Lana de vidrio	0,14	0,04	3,68						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	λ [W/m²K]						R _T [K*m²/W]	U _{PISO} [W/K*m²]	
Poliestireno extruido	0,03		-				3,10	0,32	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		60,00	-	0,60	-	35,81
Ventanas	Vidrio	2,35	-	7,09	-	20,83
	Marco	0,59	-	-	-	
Puertas		1,68	-	2,77	-	4,65
Techo		45,00	-	0,24	-	10,94
Piso		45,00	-	0,32	-	14,52
						86,75

Volumen (m ³)	191,25
---------------------------	--------

G _{v1}	0,45
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,15
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	12.358
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	19.013
-------------	--------

Tabla 114. Determinación de U, Q y C de la vivienda fila de madera de 2 pisos después de RT

2 pisos

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{MURO} [W/K*m²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	1,68	0,60
Poliestireno	0,02	0,04	0,56	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,00	0,12	8,33	8,20
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	

Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	7,09
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{PUERTA} [W/K*m²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	2,77
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,36	2,77	

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{TECHO} [W/K*m²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,00	-	4,11	0,24
Lana de vidrio	0,14	0,04	3,68						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	λ [W/m*K]						R _T [K*m²/W]	U _{PISO} [W/K*m²]	
Poliestireno extruido	0,03		-				3,10	0,32	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		120,00	-	0,60	-	71,62
Ventanas	Vidrio	2,35	-	7,09	-	20,83
	Marco	0,59	-		-	
Puertas		1,68	-	2,77	-	4,65
Techo		20,00	-	0,24	-	4,86
Piso		20,00	-	0,32	-	6,45
						108,41

Volumen (m ³)	145
---------------------------	-----

G _{v1}	0,75
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,45
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	11.758
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	18.090
-------------	--------

Tabla 115. Determinación de U, Q y C de la pared de madera de 1 piso después de RT

VIVIENDA PAREADA (DESPUES DE RT. 2007)

1 piso

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{MURO} [W/K*m²]
Madera / tabiquería	0.10	0.10	0.96	100%	0.12	0.00	-	1.68	0.60
Poliestireno	0.02	0.04	0.56	100%					
Planchas de yeso-cartón	0.01	0.26	0.04	100%					

No hay poliestireno de menos de 10mm

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Aluminio	0.004	210.00	0.00002	20%	0.12	0.00	0.12	8.33	8.20
Vidrio	0.003	1.20	0.003	80%			0.12	8.16	

Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Pino finger 25mm	0.03	0.10	0.24	20%	0.12	0.00	0.36	2.77	7.09
Vidrio 3mm	0.003	1.20	0.003	80%			0.12	8.16	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{PUERTA} [W/K*m²]
Marco: Pino	0.03	0.10	0.24	20%	0.12	0.00	0.36	2.77	2.77
Puerta: Pino	0.03	0.10	0.24	80%			0.36	2.77	

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{TECHO} [W/K*m²]
Yeso de cartón	0.01	0.24	0.05	-	0.09	0.00	-	4.11	0.24
Lana de vidrio	0.14	0.04	3.68						
Listones de madera de pino	0.03	0.10	0.29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]					R _T [K*m²/W]	U _{PISO} [W/K*m²]	
Poliestireno extruido		0.03	-				3.10	0.32	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

	Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	78,00	-	0,60	-	46,55
Ventanas	2,54	-	7,09	-	22,53
	0,64	-		-	
Puertas	1,68	-	2,77	-	4,65
Techo	60,00	-	0,24	-	14,59
Piso	60,00	-	0,32	-	19,35
					107,68

Volumen (m ³)	255
---------------------------	-----

G _{v1}	0,42
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,12
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	16.030
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	24.662
-------------	--------

Tabla 116. Determinación de U, Q y C de la pareada de madera de 2 pisos después de RT

VIVIENDA PAREADA (DESPUES DE RT. 2007)

2 pisos

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{MURO} [W/K*m²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	1,68	0,60
Poliestireno	0,02	0,04	0,56	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,00	0,12	8,33	8,20
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	

Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m²/W]	U _{MATERIAL} [W/K*m²]	U _{VENTANA} [W/K*m2]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	7,09
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,12	8,16	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{PUERTA} [W/K*m²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,00	0,36	2,77	2,77
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,36	2,77	

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m²K]	R [K*m²/W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m²/W]	R _T [K*m²/W]	U _{TECHO} [W/K*m²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,00	-	4,11	0,24
Lana de vidrio	0,14	0,04	3,68						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	λ [W/m²K]							R _T [K*m²/W]	U _{PISO} [W/K*m²]
Poliestireno extruido	0,03							3,10	0,32
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

	Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	96,00	-	0,60	-	57,29
Ventanas	2,54	-	8,20	-	26,07
	0,64	-		-	
Puertas	1,68	-	2,77	-	4,65
Techo	35,00	-	0,24	-	8,51
Piso	35,00	-	0,32	-	11,29
					107,81

Volumen (m ³)	190
---------------------------	-----

G _{v1}	0,57
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,27
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	13.489
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	20.753
-------------	--------

12.8 Determinación de la demanda energética del parque de viviendas según escenario

Escenario base

Tabla 117. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario base

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada		Total (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera		
2012	161,68	78,08	7,38	5,85	38,14	34,68	325,80	326
2013	1,47	0,58	0,08	0,07	0,35	0,37	2,92	329
2014	1,32	0,53	0,08	0,06	0,32	0,33	2,63	331
2015	1,40	0,56	0,08	0,06	0,33	0,35	2,78	334
2016	1,67	0,66	0,09	0,08	0,40	0,42	3,32	337
2017	1,58	0,63	0,09	0,07	0,38	0,40	3,14	341
2018	1,50	0,60	0,09	0,07	0,36	0,38	2,98	344
2019	1,45	0,58	0,08	0,07	0,35	0,36	2,88	346
2020	1,29	0,51	0,07	0,06	0,31	0,32	2,56	349
2021	1,83	0,73	0,10	0,08	0,44	0,46	3,64	353
2022	1,93	0,77	0,11	0,09	0,46	0,48	3,85	357
2023	2,04	0,81	0,12	0,09	0,49	0,51	4,06	361
2024	2,15	0,86	0,12	0,10	0,51	0,54	4,28	365
2025	2,27	0,90	0,13	0,10	0,54	0,57	4,51	369

Fuente: Creara

Escenario optimista

Tabla 118. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario optimista

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada		Total (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera		
2012	161,68	78,08	7,38	5,85	38,14	34,68	325,80	326
2013	1,62	0,65	0,09	0,07	0,39	0,41	3,23	329
2014	1,48	0,59	0,08	0,07	0,35	0,37	2,95	332
2015	1,56	0,62	0,09	0,07	0,37	0,39	3,10	335
2016	1,83	0,73	0,10	0,08	0,44	0,46	3,65	339
2017	1,75	0,70	0,10	0,08	0,42	0,44	3,48	342
2018	1,67	0,67	0,10	0,08	0,40	0,42	3,33	346
2019	1,62	0,65	0,09	0,07	0,39	0,41	3,23	349
2020	1,47	0,58	0,08	0,07	0,35	0,37	2,92	352
2021	2,02	0,80	0,11	0,09	0,48	0,50	4,01	356
2022	2,13	0,85	0,12	0,10	0,51	0,53	4,23	360
2023	2,24	0,89	0,13	0,10	0,53	0,56	4,46	364
2024	2,36	0,94	0,13	0,11	0,56	0,59	4,69	369
2025	2,48	0,99	0,14	0,11	0,59	0,62	4,93	374

Fuente: Creara

Escenario pesimista

Tabla 119. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario pesimista

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada		Total (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera		
2012	161,68	78,08	7,38	5,85	38,14	34,68	325,80	326
2013	1,31	0,52	0,07	0,06	0,31	0,33	2,61	328
2014	1,16	0,46	0,07	0,05	0,28	0,29	2,32	331
2015	1,23	0,49	0,07	0,06	0,29	0,31	2,45	333
2016	1,50	0,60	0,09	0,07	0,36	0,38	2,98	336
2017	1,41	0,56	0,08	0,06	0,34	0,35	2,80	339
2018	1,33	0,53	0,08	0,06	0,32	0,33	2,64	342
2019	1,27	0,50	0,07	0,06	0,30	0,32	2,52	344
2020	1,11	0,44	0,06	0,05	0,27	0,28	2,21	346
2021	1,64	0,65	0,09	0,07	0,39	0,41	3,27	350
2022	1,74	0,69	0,10	0,08	0,42	0,44	3,46	353
2023	1,84	0,73	0,10	0,08	0,44	0,46	3,67	357
2024	1,95	0,77	0,11	0,09	0,46	0,49	3,87	361
2025	2,06	0,82	0,12	0,09	0,49	0,51	4,09	365

Fuente: Creara

12.9 Determinación del consumo energético del parque de viviendas según escenario

Escenario base

Tabla 120. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario base

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada		Total (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera		
2012	248,7	120,1	11,3	9,0	58,7	53,4	501,2	501
2013	2,3	0,9	0,1	0,1	0,5	0,6	4,5	506
2014	2,0	0,8	0,1	0,1	0,5	0,5	4,1	510
2015	2,1	0,9	0,1	0,1	0,5	0,5	4,3	514
2016	2,6	1,0	0,1	0,1	0,6	0,6	5,1	519
2017	2,4	1,0	0,1	0,1	0,6	0,6	4,8	524
2018	2,3	0,9	0,1	0,1	0,6	0,6	4,6	529
2019	2,2	0,9	0,1	0,1	0,5	0,6	4,4	533
2020	2,0	0,8	0,1	0,1	0,5	0,5	3,9	537
2021	2,8	1,1	0,2	0,1	0,7	0,7	5,6	543
2022	3,0	1,2	0,2	0,1	0,7	0,7	5,9	548
2023	3,1	1,2	0,2	0,1	0,7	0,8	6,2	555
2024	3,3	1,3	0,2	0,2	0,8	0,8	6,6	561
2025	3,5	1,4	0,2	0,2	0,8	0,9	6,9	568

Fuente: Creara

Escenario optimista

Tabla 121. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario optimista

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada		Total (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera		
2012	248,7	120,1	11,3	9,0	58,7	53,4	501,2	501
2013	2,5	1,0	0,1	0,1	0,6	0,6	5,0	506
2014	2,3	0,9	0,1	0,1	0,5	0,6	4,5	511
2015	2,4	1,0	0,1	0,1	0,6	0,6	4,8	516
2016	2,8	1,1	0,2	0,1	0,7	0,7	5,6	521
2017	2,7	1,1	0,2	0,1	0,6	0,7	5,4	526
2018	2,6	1,0	0,1	0,1	0,6	0,6	5,1	532
2019	2,5	1,0	0,1	0,1	0,6	0,6	5,0	537
2020	2,3	0,9	0,1	0,1	0,5	0,6	4,5	541
2021	3,1	1,2	0,2	0,1	0,7	0,8	6,2	547
2022	3,3	1,3	0,2	0,1	0,8	0,8	6,5	554
2023	3,4	1,4	0,2	0,2	0,8	0,9	6,9	561
2024	3,6	1,4	0,2	0,2	0,9	0,9	7,2	568
2025	3,8	1,5	0,2	0,2	0,9	1,0	7,6	575

Fuente: Creara

Escenario pesimista

Tabla 122. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario pesimista

	Casa aislada		Casa fila		Casa pareada		Total (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera		
2012	248,7	120,1	11,3	9,0	58,7	53,4	501,2	501
2013	2,0	0,8	0,1	0,1	0,5	0,5	4,0	505
2014	1,8	0,7	0,1	0,1	0,4	0,4	3,6	509
2015	1,9	0,8	0,1	0,1	0,5	0,5	3,8	513
2016	2,3	0,9	0,1	0,1	0,6	0,6	4,6	517
2017	2,2	0,9	0,1	0,1	0,5	0,5	4,3	521
2018	2,0	0,8	0,1	0,1	0,5	0,5	4,1	526
2019	2,0	0,8	0,1	0,1	0,5	0,5	3,9	529
2020	1,7	0,7	0,1	0,1	0,4	0,4	3,4	533
2021	2,5	1,0	0,1	0,1	0,6	0,6	5,0	538
2022	2,7	1,1	0,2	0,1	0,6	0,7	5,3	543
2023	2,8	1,1	0,2	0,1	0,7	0,7	5,6	549
2024	3,0	1,2	0,2	0,1	0,7	0,7	6,0	555
2025	3,2	1,3	0,2	0,1	0,8	0,8	6,3	561

Fuente: Creara

ANEXO 4

12.10 Cálculos de medidas para adaptar viviendas que no cumplan RT a que la cumplan

Tabla 123. Cálculos. Medida 1

Aislamiento adicional en techos

	Aislante	U_{TECHO} [W/K*m ²]	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación previa RT	Aislante de 40 mm	0,68	-	-	-	0	-
Medida 1	Lana de vidrio de 140 mm	0,00	39.047	Incluido en mano de obra	682	39.728	-

Nuevos techos

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R_T MATERIAL [K*m ² /W]	R_T [K*m ² /W]	U_{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,00	-	4,11	0,24
Lana de vidrio	0,14	0,04	3,68						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Tabla 124. Cálculos. Medida 2

MEDIDA 2. CAMBIO DE PISO SIMPLE POR UNO AISLADO

	Aislante	U_{SUELO} [W/K*m ²]	Valor (\$/m ²)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Piso $K_T = 1,4$	-	-	-	-	0	-
Medida 2	Piso Aislado	0,00	47.624	0	5.233	52.856	1.010

Nuevos pisos

Piso					
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	-	R_T [K*m ² /W]	K_L [W/K*m]
Hormigón armado normal	0,01	0,03	-	3,10	0,32

Tabla 125. Cálculos. Medida 3

MEDIDA 3. AISLAMIENTO ADICIONAL EN MUROS							
	Aislante	U_{MURO} [W/K*m ²]	Valor (\$/m ²)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Sin aislante	0,89	-	-	-	-	-
Medida 3	Poliestireno de 20mm	0,60	3.049	0	682	3.731	-

Nuevo muro

Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	$R_{T \text{ MATERIAL}}$ [K*m ² /W]	R_T [K*m ² /W]	U_{MURO} [W/K*m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	1,68	0,60
Poliestireno	0,02	0,04	0,56	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Tabla 126. Cálculos. Medida 4

Cambio de ventanas simples por termopanel (doble vidriado hermético)							
	Vidrio	$U_{VENTANA}$ [W/K*m ²]	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Vidrio simple + marco	8,2	66.785	10.000	10.000	86.793	-
MEDIDA 4	Termopanel con vidrio	3,30	103.881	10.000	11.369	125.253	24.095

Nueva ventana

Ventana	
Elemento	$U_{VENTANA}$ [W/K*m2]
Marco: Madera	3,30
Termopanel	

Ahorros

	VIVIENDA AISLADA		VIVIENDA FILA		VIVIENDA PAREADA	
	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA
COSTE TOTAL (\$)	593.081	608.712	368.233	368.233	398.293	398.293
Ahorro (kWh/año)	1.826	2.342	1.134	1.134	1.226	1.586
PCI Lenga (kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg)	435	558	270	270	292	378
Precio Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$)	23.464	30.106	14.568	14.568	15.758	20.384
PRS (años)	25	20	25	25	25	20

Tabla 127. Cálculos. Medida 5

Cambio de ventanas simples por termopanel con vidrio Low - E

	Vidrio	$U_{VENTANA}$ [W/K*m ²]	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Vidrio simple + marco antiguo	8,2	66.785	10.000	10.000	86.793	-
MEDIDA 5	Termopanel con vidrio Low-E + marco	1,80	154.815	10.000	10.683	175.498	38.610

Nueva ventana

Ventana	
Elemento	$U_{VENTANA}$ [W/K*m2]
Marco: Madera	1,80
Termopanel	

Ahorros

	VIVIENDA AISLADA		VIVIENDA FILA		VIVIENDA PAREADA	
	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA
COSTE TOTAL (\$)	831.019	852.921	515.965	515.965	558.084	558.084
Ahorro (kWh/año)	2.549	3.085	1.583	1.583	1.712	2.072
PCI Lenga (kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg)	607	734	377	377	408	493
Precio Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$)	32.761	39.648	20.341	20.341	22.002	26.628
PRS (años)	25	22	25	25	25	21

Tabla 128. Cálculos. Medida 6

Instalación de ventana de doble marco								
	Vidrio	$U_{VENTANA}$ [W/K*m ²]	$U_{CONTRAVENTANA}$ [W/K*m ²]	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Vidrio simple	8,2	-	66.785	-	-	66.793	-
MEDIDA 6	Instalación de ventana de doble marco	2,43	2,43	66.785	-	10.000	76.790	-

Nueva ventana

Ventana	
Elemento	$U_{VENTANA}$ [W/K*m ²]
Marco: Madera	2,43
Termopanel	

Ahorros

	VIVIENDA AISLADA		VIVIENDA FILA		VIVIENDA PAREADA	
	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA	1 PISO MADERA	2 PISOS MADERA
COSTE TOTAL (\$)	363.592	373.175	225.748	225.748	244.176	244.176
Ahorro (kWh/año)	2.245	2.773	1.394	1.394	1.508	1.868
PCI Lenga (kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg)	535	660	332	332	359	445
Precio Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$)	28.859	35.642	17.918	17.918	19.381	24.007
PRS (años)	13	10	13	13	13	10

Tabla 129. Cálculos. Medida 7

MEDIDA 6. INSTALACIÓN DE CORTINAS BLACKOUT

	Vidrio	Valor unitario (\$)/m ²	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Sin cortina	-	-	-	0	-
MEDIDA 7	Instalación de una cortina blackout	36.577	-	15.000	51.577	-

Ahorros

Ahorro estimado	8%
------------------------	----

	Casa aislada		Casa Fila		Casa pareada	
	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera	1 piso madera	2 pisos madera
m2 ventanas	4,74	4,86	2,94	2,94	3,18	3,18
COSTE TOTAL (\$)/m2	244.226	250.663	151.636	151.636	164.014	164.014
Gasto anual (kWh/año)	29.377	37.385	22.470	21.379	29.146	24.526
Ahorro (kWh/año)/m	2.350	2.991	1.798	1.710	2.332	1.962
PCI Lenga (kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg)	559,57	712,09	427,99	407,22	555,17	467,16
Precio Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$)	30.205	38.439	23.103	21.982	29.968	25.217
PRS (años)	8	7	7	7	5	7

Tabla 130. Cálculos. Medida 8

MEDIDA 8. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Y CONDUCTOS

	Aislante	Pérdidas [W/m]	Valor (\$/m)	Coste de retiro (\$/m)	Mano de obra (\$/m)	TOTAL (\$/m)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Tuberías y conductos sin aislar	15,98	-	-	-	-	-
MEDIDA 8	Tuberías y conductos aislados	6,39	2.252	0	793	3.045	149

Ahorros

Se estiman los mismos metros de conducciones en los distintos tipos de vivienda. 10 metros. A partir del programa Aislam se han estimado las pérdidas derivadas de una tubería de 20 mm de diámetro, un espesor de 25 mm y una temperatura externa de 15°C e interna de 60°C. La instalación de este aislante conlleva una reducción de pérdidas por "calor" del 40%

COSTE TOTAL (\$)/m	3.045
Ahorro (kWh/año)/m	76
PCI Lenga (kcal/kg)	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2
Ahorro Lenga (kg)	18,21
Precio Lenga (\$/kg)	53,98
Ahorro Lenga (\$)	983
PRS (años)	3,1

40%

Horas al año de uso de tuberías	ACS	12 meses	8760
	Calefacción	10 meses	7200
			7980

Tabla 131. Cálculos. Medida 9

MEDIDA 9. SELLADO DE INFILTRACIONES

	Aislante	Valor (\$/m)	Coste de retiro (\$/m)	Mano de obra (\$/m)	TOTAL (\$/m)	Costes de mantenimiento reemplazar cada 2 años (\$/m)
Situación actual	Casa con infiltraciones	-	-	-	-	-
MEDIDA 9	Sellado de infiltraciones	448	-	-	448	448

Ahorros

	Casa aislada			Casa pareada		
	1 piso madera	1 piso albañilería	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso albañilería	2 pisos albañilería
m ² de puertas y ventanas	6,41	8,21	4,62	4,62	4,86	4,86
COSTE TOTAL (\$)/m	2.874	3.681	2.069	2.069	2.177	2.177
Gasto anual (kWh/año)	29.377	37.385	22.470	21.379	29.146	24.526
Ahorro (kWh/año)	2.938	3.738	2.247	2.138	2.915	2.453
PCI Lenga (kcal/kg)	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609	3.609
PCI Lenga (kWh/kg)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Ahorro Lenga (kg)	699,46	890,11	534,99	509,02	693,96	583,95
Precio Lenga (\$/kg)	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98	53,98
Ahorro Lenga (\$)	37.757	48.048	28.879	27.477	37.460	31.521
PRS (años)	0,08	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07

12.11 Costos y características de los nuevos materiales

Tabla 132. Costos y características de los materiales.

MEDIDA 1

Aislamiento adicional en techos de casas

Características del aislante LANA DE VIDRIO

Panel de lana de vidrio, Ursa Glasswool P4222 Panel VN En Rollo "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 25 mm de espesor, recubierto con un velo de vidrio negro, suministrado en rollos, resistencia térmica 0,65 m²K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase A2 d0 s1 de reacción al fuego, con código de designación MW--T3-MU1.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt16lrw010ak	m ²	Panel de lana de vidrio, Ursa Glasswool P4222 Panel VN En Rollo "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 25 mm de espesor, recubierto con un velo de vidrio negro, suministrado en rollos, resistencia térmica 0,65 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase A2 d0 s1 de reacción al fuego, con código de designación MW--T3-MU1.	1,100	3.083	9.249
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0,450	21	10
	%	Medios auxiliares	2,000	9.940	199
	%	Costes indirectos	3,000	10.139	304
				Total:	9.762

Coste del aislamiento	9.762	\$/m2
------------------------------	--------------	--------------

Mano de obra LANA DE VIDRIO

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo049	h	Maestro 1 ^a montador de aislamientos.	0,492	5.205	406
mo092	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,264	3.534	276

Coste de mano de obra	682	\$/m2
------------------------------	------------	--------------

Coste del aislante \$/m ²	Coste de mano de obra \$/m ²
9.762	682

MEDIDA 2

Cambio de piso simple, por uno aislado

Características del SUELO

Rehabilitación energética de solera en contacto con el terreno, mediante el sistema "KNAUF INSULATION" de aislamiento térmico por la cara superior del piso existente, formado por panel rígido de poliestireno extruido Polyfoam C5 LJ 1250 "KNAUF INSULATION", de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 600x1250 mm y 100 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 500 kPa; barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad (LDPE) de 0,2 mm de espesor; capa de nivelación de 40 mm de espesor, de mortero autonivelante de cemento, tipo CT C20 F6, vaciado con mezcladora-bombeadora; y piso de baldosas cerámicas de gres esmaltado, de 25x25 cm, 8 €/m², recibidas con adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, Ci sin ninguna característica adicional, color gris, y rejuntadas con lechada de cemento blanco, L, BL-V 22,5, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), coloreada con la misma tonalidad de las piezas.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt16pki010bm	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido Polyfoam C5 LJ 1250 "KNAUF INSULATION", de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 600x1250 mm y 100 mm de espesor, resistencia térmica 2,75 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), 500 kPa de resistencia a compresión, factor de resistencia a la difusión del vapor de agua 150, calor específico 1400 J/kgK, Euroclase E de reacción al fuego; de	1,200	28.956	34.748
mt15var010c	m ²	Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad (LDPE), de 0,2 mm de espesor y 200 g/m ² de masa superficial.	1,100	416	458
mt09moe055b	m ³	Mortero autonivelante de cemento CT C20 F6, preparado en central, suministrado a pie de obra con camiones hormigonera.	0,040	47.799	1.912
mt09mcr021a	kg	Adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, Ci, color gris.	3,000	117	351
mt18bde020gal800	m ²	Baldosa cerámica de gres esmaltado 25x25 cm, \$ 8,00/m ² .	1,050	4.946	5.194
mt09lec010b	m ³	Lechada de cemento blanco BL 22,5 X.	0,001	83.382	83
mq06pym010	h	Mezcladora-bombeadora para morteros y yesos proyectados, de 3 m ³ /h.	0,018	4.155	75
	%	Medios auxiliares	2,000	48.052	961
	%	Costes indirectos	3,000	49.013	1.470
Coste de mantenimiento decenal: \$ 1.009,67 en los primeros 10 años.				Total:	45.251

Coste del aislamiento	45.251	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

Mano de obra

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo018	h	Maestro 1ª construcción.	0,326	4195,23	1367,64
mo104	h	Jornal construcción.	0,326	2796,73	911,73
mo021	h	Maestro 1ª soldador.	0,521	4195,23	2185,71
mo056	h	Ayudante soldador.	0,260	2951,66	767,43

Coste de mano de obra	5.233	\$/m2
------------------------------	--------------	--------------

Coste del aislante \$/m ²	Coste de mano de obra \$/m ²
45.251	5.233

MEDIDA 3

Aislamiento con poliestireno expandido en muros

Características del POLIESTIRENO

Aislamiento por el interior en fachada de doble hoja de albañilería vista formado por panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 20 mm de espesor, fijado con pelladas de adhesivo cementoso.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt16aaa040	m ²	Repercusión de adhesivo cementoso para fijación, mediante pelladas, de paneles aislantes en paramentos verticales.	1,000	273,89	273,89
mt16pea010ba	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 20 mm de espesor, resistencia térmica 0,8 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego, con código de designación EPS-EN 13163-L1-W1-T1-S1-P3-DS(N)2-BS100-CS(10)60.	1,050	1556,40	2648,00
	%	Medios auxiliares	2,000	2517,59	50,35
	%	Costes indirectos	3,000	2567,94	77,04
Coste de mantenimiento decenal: \$ 59,62 en los primeros 10 años.				Total:	3049,28

Coste del aislamiento	3.049	\$/m2
------------------------------	--------------	--------------

mo049	h	Maestro 1ª montador de aislamientos.	0,130	5205	406
mo092	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,130	3.534	276

Coste de mano de obra	682	\$/m2
------------------------------	------------	--------------

Coste del aislante 30mm	Coste de mano de obra
\$/m²	\$/m²
3.049	682

MEDIDA 4

Termopanel

Características del VIDRIO

Doble vidriado Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 4/6/4, con calzos y sellado continuo

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt21veu011aaaa	m²	Doble vidriado Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 6 mm, y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor.	1,0	12.824,2	12.901
mt21sik010	Ud	Cartucho de silicona sintética incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" de 310 ml (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,6	1.583,8	919
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,0	807,9	808
	%	Medios auxiliares	2,0	17.959,5	359
	%	Costes indirectos	3,0	18.318,6	550
Coste de mantenimiento decenal: \$ 3.810,98 en los primeros 10 años.				Total:	15.536

Características de la CARPINTERÍA

Carpintería exterior en madera de **Flandes para pintar** de 100x100 cm.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt22aap010b	m	Jamba, pino país, 70x35 mm, con elementos de fijación.	4,000	1.135	4.538
mt22atc010mA	m	Pilastras de terminación macizo, pino, 70x15 mm, para barnizar.	8,000	780	6.241
mt23xpm010	Ud	Tornillo de ensamble zinc/pavón.	13,000	15	200
mt23xpm020	Ud	Imán de cierre reforzado.	4,000	200	800
mt23xpm030	Ud	Tirador ventana/balconera de latón.	2,000	1.177	2.355
mt23xpm040	Ud	Cremona por tabla para ventana y balconera. Varilla vista. Acabado en latón.	1,000	5.217	5.217
mt23xpm050	Ud	Pernio de latón plano 80x52 mm.	10,000	439	4.386
mt22xcc015h	m²	Carpintería exterior sin guía de persiana, en madera de pino de Flandes para pintar.	1,020	58.790	59.966
	%	Medios auxiliares	2,000	91.739	1.835
	%	Costes indirectos	3,000	93.574	2.807
Coste de mantenimiento decenal: \$ 24.095,32 en los primeros 10 años.				Total:	88.344

Coste de la ventana	103.881	\$/m2
---------------------	---------	-------

MANO DE OBRA

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo050	h	Maestro 1ª cristalero.	0,476	4.072	1.938
mo101	h	Ayudante cristalero.	0,476	2.928	1.394

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo015	h	Maestro 1ª carpintero.	1,110	4.265	4.734
mo053	h	Ayudante carpintero.	1,110	2.976	3.303

Coste de mano de obra	11.369	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

RECAMBIO DEL MATERIAL

Coste de recambio de material	10.000	\$/m2
--------------------------------------	---------------	--------------

MANTENIMIENTO DURANTE LOS 10 PRIMEROS AÑOS

Vidrio	3.810,98
Carpintería	24.095,32
TOTAL	24.095,32

Mantenimiento cada 10	TOTAL
24.095	125.249

Coste de la ventana \$/m ²	Coste de mano de obra \$/m ²	Coste de recambio del material \$/m ²
103.881	11.369	10.000

MEDIDA 5 Termopanel con vidrio Low-E

Características del VIDRIO

Doble vidriado LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templa.Lite Azur.Lite color azul, con calzos y sellado continuo.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt21veu011xepc	m²	Doble vidriado LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica LOW.S de 6 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, y vidrio interior Templa.Lite Azur.Lite color azul de 6 mm de espesor.	1,006	61.049	61.416
mt21sik010	Ud	Cartucho de silicona sintética incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" de 310 ml (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	1.584	919
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,000	808	808
	%	Medios auxiliares	2,000	65.788	1.316
	%	Costes indirectos	3,000	67.104	2.013
Coste de mantenimiento decenal: \$ 14.514,56 en los primeros 10 años.				Total:	66.471

Características de la CARPINTERÍA

Carpintería exterior en madera de **Flandes** para pintar de 100x100 cm.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt22aap010b	m	Jamba, pino país, 70x35 mm, con elementos de fijación.	4,000	1.135	4.538
mt22atc010mA	m	Pilastras de terminación macizo, pino, 70x15 mm, para barnizar.	8,000	780	6.241
mt23xpm010	Ud	Tornillo de ensamble zinc/pavón.	13,000	15	200
mt23xpm020	Ud	Imán de cierre reforzado.	4,000	200	800
mt23xpm030	Ud	Tirador ventana/balconera de latón.	2,000	1.177	2.355
mt23xpm040	Ud	Cremona por tabla para ventana y balconera. Varilla vista. Acabado en latón.	1,000	5.217	5.217
mt23xpm050	Ud	Pernio de latón plano 80x52 mm.	10,000	439	4.386
mt22xcc015h	m²	Carpintería exterior sin guía de persiana, en madera de pino de Flandes para pintar.	1,020	58.790	59.966
	%	Medios auxiliares	2,000	91.739	1.835
	%	Costes indirectos	3,000	93.574	2.807
Coste de mantenimiento decenal: \$ 24.095,32 en los primeros 10 años.				Total:	88.344

Coste de la ventana	154.815	\$/m2
---------------------	---------	-------

MANO DE OBRA

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo050	h	Maestro 1ª cristalero.	0,378	4.072	1.539
mo101	h	Ayudante cristalero.	0,378	2.928	1.107

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo015	h	Maestro 1ª carpintero.	1,110	4.265	4.734
mo053	h	Ayudante carpintero.	1,110	2.976	3.303

Coste de mano de obra	10.683	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

RECAMBIO DEL MATERIAL

Coste de mano de obra	10.000	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

MANTENIMIENTO DURANTE LOS 10 PRIMEROS AÑOS

Vidrio	14.514,56
Carpintería	24.095,32
TOTAL	38.609,88

Mantenimiento cada 10	TOTAL
38.610	175.498

Coste de la ventana \$/m²	Coste de mano de obra \$/m²	Coste de recambio del material \$/m²
154.815	10.683	10.000

MEDIDA 6

Instalación de Doble Marco

Características del vidrio y carpintería

Colocación del mismo vidrio/marco que los existentes

					Precio partida
					66.785
					-
					-
					-
					-
				Total:	66.785

Coste de la ventana	66.785	\$/m2
---------------------	--------	-------

MANO DE OBRA

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo050	h	Maestro 1ª cristalero.			7.000
mo101	h	Ayudante cristalero.			3.000

Coste de mano de obra	10.000	\$/m2
-----------------------	--------	-------

Coste de la ventana \$/m	Coste de mano de obra \$/m	Mantenimiento cada 10 años \$/m
66.785	10.000	

MEDIDA 7
Instalación de cortinas blackout



09 de Septiembre del 2013
Carmencita 272, Las Condes (El Golf)

www.cortinas.cl
contacto@cortinas.cl
+56 2 29829520
+56 9 6.6488357

Presupuesto Cortinas Punto CL

Medidas 2,00 x 2,00

1 Cortina Roller Black out Mediterráneo, color por definir.
\$ 146.307.-

Valor instalación por 2 cortinas o menos \$ 15.000.-
Valor instalación desde 3 cortinas precio incluido.
(instalación sobre 3,00 de altura consultar valor de instalación)

Coste de la cortina \$/m	Coste de mano de obra \$/m	Mantenimiento cada 10 años \$/m
36.577	15.000	

MEDIDA 8

Aislamiento de los tubos y conductos de ACS

Características del aislante

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt17coe080aa	m	Coquilla cilíndrica moldeada de lana de vidrio, abierta longitudinalmente por la generatriz, de 21,0 mm de diámetro interior y 30,0 mm de espesor.	1,050	1.788	1.877
mt17coe120	kg	Emulsión asfáltica para protección de coquillas de lana de vidrio.	0,254	898	228
	%	Medios auxiliares	2,000	2.899	58
	%	Costes indirectos	3,000	2.957	89
Coste de mantenimiento decenal: \$ 149,31 en los primeros 10 años.				Total:	2.252

Coste del aislamiento	2.252	\$/m
-----------------------	-------	------

MANO DE OBRA

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo049	h	Maestro 1ª montador de aislamientos.	0,111	4.195	465,67
mo092	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,111	2.952	327,63

Coste de mano de obra	793	\$/m
-----------------------	-----	------

Coste del aislante \$/m	Coste de mano de obra \$/m	Mantenimiento cada 10 años \$/m
2.252	793	149

MEDIDA 9

Sellado de filtraciones de aire en ventanas y puertas

Características del aislante

Tesa Perfil de espuma aislante Tesamoll 5428 de 9mm * 6m

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
	6 m	Burlete o cinta de espuma aislante, para desajustes de 1-5 mm en puertas y ventanas. protegiendo del frío. de corrientes de aire. del calor. del polvo. del ruido			2.690
Duración: 2 años.				Total:	2.690

Coste del aislamiento	2.690	\$/m
-----------------------	-------	------

MANO DE OBRA

Coste de mano de obra	0	\$/m
-----------------------	---	------

Coste del aislante \$/m	Coste de mano de obra \$/m	Mantenimiento: Reemplazar cada 2 años \$/m
448	0	448

ANEXO 5

12.12 Cálculos de medidas para adaptar viviendas a cumplir la “Modificación” de la R.T.

Tabla 133. Cálculos. Medida 3 en viviendas anteriores a la R.T. 2007 (modificación RT)

Instalación de aislante en muros de Madera Anterior a R.T. 2007

	Aislante	$U_{\text{PARED}} [W/K \cdot m^2]$	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Sin aislante	0,89	-	-	-	-	-
Medida 3	Poliestireno 50 mm	0,40	2858,93	-	929,10	3788,03	-

Nuevos Muros

Muros									
Elemento	e [m]	$\lambda [W/m \cdot K]$	$R [K \cdot m^2/W]$	% Área	R_{si}	R_{se}	$R_T \text{ MATERIAL } [K \cdot m^2/W]$	$R_T [K \cdot m^2/W]$	$U_{\text{MURO}} [W/K \cdot m^2]$
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	2,51	0,40
Poliestireno	0,05	0,04	1,39	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Tabla 134. Cálculos. Medida 3 en viviendas posteriores a la R.T. 2007 (modificación RT)

Instalación de aislante en muros de Madera posteriores RT-2007

	Aislante	$U_{\text{PARED}} [W/K \cdot m^2]$	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Poliestireno 20 mm	0,60	-	-	-	-	-
Medida 3	Poliestireno 30 mm	0,40	2052,00	-	929,10	2981,10	-

Nuevos Muros

Muros									
Elemento	e [m]	$\lambda [W/m \cdot K]$	$R [K \cdot m^2/W]$	% Área	R_{si}	R_{se}	$R_{t \text{ MATERIAL}} [K \cdot m^2/W]$	$R_t [K \cdot m^2/W]$	$U_{\text{MURO}} [W/K \cdot m^2]$
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,00	-	2,51	0,40
Poliestireno	0,02	0,04	0,56	100%					
Poliestireno	0,03	0,04	0,83	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

