

## TESIS DE DE TÍTULO 2016

Factibilidad de uso de energía solar para calefacción y electricidad en viviendas y viabilidad cultural en la comunidad de Coyhaique en la última década.

“Evaluación mediante monitoreo del confort térmico y diseño de energías limpias para calefacción y electricidad en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

María Consuelo Vargas Vergara  
Luz Alicia Cárdenas Jirón



Factibilidad de uso de energía solar para calefacción y electricidad  
en viviendas y viabilidad cultural en la comunidad de Coyhaique en la  
última década.

*“Evaluación mediante monitoreo del confort térmico y diseño de energías limpias  
para calefacción y electricidad en viviendas de ingresos medios en área  
consolidada”*

Este proyecto se enmarca en el FONDECYT Regular N° 1130-139 titulado “Aprovechamiento energético solar en fachadas, integrando entornos urbano Centro -Sur de Chile”. Investigador Responsable: Luz Alicia Cárdenas Jirón. Se agradece financiamiento otorgado por FONDECYT.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mi familia, a mi mamá y hermana por su apoyo incondicional y por estar durante todo este proceso, a mis amigos por ser parte importante durante todos estos años, que sin su amistad este proceso académico no hubiese sido lo mismo.

A mi profesora Guía, por estar siempre dispuesta a corregir las dudas que podían surgir y por siempre ir más allá en la investigación. Que más que una profesora fue un gran apoyo para sacar la tesis adelante durante estos meses.

Al profesor Roman, por ser una parte fundamental en la investigación, que sin su ayuda no hubiese sido posible. Agradezco por siempre estar disponible para corregir y apoyarme con sus conocimientos.

Finalmente, a la comunidad de Coyhaique por su importante colaboración en la tesis y por dejarme estudiar sus tradiciones y forma de habitar sus viviendas. Además, agradecer a todas las personas que colaboraron a lo largo del tiempo.

## INDICE

	Página		Página
<b>CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN</b>	8	Chile 2050	
1.1 Introducción	10	3.1.4 Ley 20.173: Ley de generación distribuida	36
1.2 Motivaciones	11	3.1.4.1 Net Metering	37
1.3 Planteamiento del problema	13	3.1.4.2 Net Billing	37
1.4 Pregunta de Investigación	19	3.1.5 Ley 20.257 o Ley de energías Renovables No Convencionales (ERNC)	38
1.5 Hipotesis General	19	3.5.1.1 Energías Renovables No Convencionales	
1.5.1 Sub Hipotesis	20	3.1.6 Reglamentación térmica	43
1.6 Objetivo General	21	3.1.7 Calificación Energética de Vivienda	45
1.6.1 Objetivos Generales	21	3.1.8 Calefacción sustentable: Recambio de calefactores	47
<b>CAPITULO 2: METODOLOGÍA</b>	22	<b>3.2 CONCEPTOS CLAVES</b>	49
2.1 Tipo de Investigación	23	3.2.1 Radiación Solar	49
2.2 Estrategias de Metodología	24	3.2.1.1 Radiación Difusa	
2.2.1 Pasos Metodológicos	24	3.2.1.2 Radiación Directa	
2.3 Técnicas de Medición y análisis	29	3.2.1.3 Espectro de radiación solar	
2.4 Alcances y Limitaciones	29	3.2.2 Habitabilidad	51
<b>CAPITULO 3: MARCO TEORICO</b>	30	3.2.3 Confort Térmico	52
<b>3.1 POLITICAS ENERGETICAS EN CHILE</b>	31	3.2.4 Contaminación atmosférica	56
3.1.1 Ley N° 19.300 o Ley de bases generales de Medio Ambiente	33	3.2.4.1 Contexto nacional	58
3.1.2 Política Nacional de Desarrollo Urbano	33	3.2.5 Barrio solar	60
3.1.3 Política de energética de	34	3.2.5.1 Reducir las emisiones de CO2	61

	Página		Pagina
3.2.5.2 Incrementar el uso de Energías Renovables	62	4.1.7 Horas de sol	76
3.2.5.3 Incentivar la Ciudad Sostenible	62	4.1.8 Asolamiento	77
3.2.6 Referentes internacionales y nacionales	63	4.1.9 Viviendas	77
3.2.6.1 Proyecto aldea en Freiburg	63	4.1.10 Contaminación	78
3.2.6.2 Proyecto barrio Hammarby Sjöstad	64	4.2 Desarrollo urbano	83
3.2.6.3 Proyecto barrio solar de Tesla	64	4.2.1 Proceso de urbanización	84
3.2.6.4 Proyecto barrio solar en Salta	65	4.3 Plan Regulador Comunal	85
3.2.6.5 Proyecto vivienda bioclimática Puerto Williams	65	4.3.1 Usos de suelos	86
<b>CAPITULO 4: CONTEXTO LOCAL</b>	66	4.4 Estructura Urbana	88
4.1 Ubicación Geográfica	67	4.5 Arquitectura tradicional	93
4.1.1 Límites geográficos	68	4.6 Caracterización del Uso de la leña	94
4.1.2 Población	70	<b>CAPITULO 5: CASOS DE ESTUDIO</b>	96
4.1.3 Clima	71	5.1 Selección de Viviendas	97
4.1.4 Vientos	74	5.2 Monitoreo de las viviendas	99
4.1.5 Radiación Solar sobre un plano horizontal (MJ/m <sup>2</sup> )	75	5.3 Medición de transepto	99
4.1.6 Nubosidad	76	5.4 Entrevistas semi - estructuradas	102
		5.5 Evaluación Calificación Energética de Vivienda	103
		5.6 Cuantificación en programa RETSCREEN	104
		5.7 Presentación casos de estudio	105
		<b>CAPITULO 6: RESULTADOS</b>	110



Página

CAPITULO 10: ANEXOS

194



# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La Patagonia chilena comprende las regiones de la X a XII región, presentando paisajes, climas, costumbres y tradiciones propias de cada región. La región de Aysén, se encuentra ubicada en la zona occidental de la Patagonia. Esta región es la tercera región más grande del país después de Magallanes y la Antártica y Antofagasta; con 108.494,4 km. Además de ser la menos poblada y menos densa.

La tardía colonización de Aysén se debe a su escasa accesibilidad, pero debido a disputas territoriales con Argentina en el año 1902 surge la inquietud de ser colonizada, es por esto que la principal fuente de trabajo para los primeros colonos fue la ganadería.

Por otra parte, una de las grandes problemáticas que ha presentado la región es el aislamiento y la falta de ayuda por parte del el Estado hacia los habitantes, ayuda que vaya en beneficio a mejorar la calidad de vida de los aiseninos.

Lo anterior ha provocado algunos conflictos dentro de estos las manifestaciones del 2012, por el costo elevado de vida comparado con otras regiones, es debido a esto que se pidió una rebaja en el precio del petróleo, gasolina, parafina, gas y leña, dado que es el recurso principal para la calefacción de los hogares y el más importante costo que deben financiar, el cual es aproximadamente al

menos un 20 % de su ingreso (MORI, 2016). Dado que la leña es el recurso más utilizado para la calefacción, esto ha provocado la explotación de extensos bosques de lenga, ñire y coihue (Quintanilla, 2008).

En la actualidad, la ciudad capital de la Región es Coyhaique, la cual en los últimos años ha sufrido importantes cambios propios de una ciudad contemporánea, dado principalmente por la expansión de la ciudad producto del crecimiento de la población, debido a esto es que es necesario estudiar la estructura urbana y ver si el modelo de desarrollo actual es el adecuado para el tipo de geografía que presenta la ciudad, ya que esta problemática ha llevado a un alto consumo de leña que suma a la estructura urbana ha acentuado la contaminación atmosférica, provocando un problema mayor. Es por esto, que se están llevando a cabo planes y programas en beneficio del mejoramiento de la calidad de vida e integrándolas al desarrollo de la ciudad que disminuyan los impactos ambientales, sociales y económicos.

Finalmente, en la presente tesis se expone el trabajo realizado durante este año en la ciudad de Coyhaique, en donde se describe la problemática que abarca la ciudad en la actualidad como es el problema de la contaminación atmosférica por la demanda de calefacción de los hogares y los altos costos por el consumo de iluminación, luego se expone la hipótesis, objetivos y metodología a seguir, para posteriormente presentar antecedentes generales de la ciudad para entender el contexto en el que se encuentra y finalmente la experimentación a través de la

evaluación del confort térmico de viviendas mediante la medición de temperatura y humedad, para lograr estándares similares a través de energía limpia.

## 1.2 MOTIVACIONES

Sabiendo que la arquitectura, tiene un abanico de ámbitos en donde poder desarrollarse, tanto como en la construcción, urbanismo, historia, patrimonio, estructura y las que derivan de estas. El tema de la sustentabilidad, específicamente en el estudio de energías renovables no convencionales, es en donde se combinan áreas de gran interés para el alumno, ya que se tiene el urbanismo mirado desde el área sustentable.

El desarrollo de la tesis en esta área es una oportunidad para poder aprender aún más del tema, ya que anteriormente, se había investigado sobre la sustentabilidad en otras áreas. Dejando sembrado, un interés más fuerte para seguir aprendiendo. No solo porque se puede pensar que es un tema que está de moda actualmente en las construcciones, sino porque principalmente se puede saber cómo poder crear diseños a menor costo a largo plazo, a pesar de que hay estudios que dicen que las construcciones sustentables son más cara que las convencionales; por ejemplo el estudio de World Green Building Council “El caso de negocio para la edificación verde” señala que hay un aumento del presupuesto entre un 10 % y un 20% más de uno convencional. Sin embargo, al largo plazo estas generan mayor rentabilidad, ya que si se construye con materiales locales, es menor el costo de traslado, que obtener los materiales de otros lugares. Por esto, la arquitectura sustentable nos lleva nuevamente a los inicios del hombre, donde buscaba las cosas que poseía

a su alrededor para generar las que le hacían falta, es lo mismo ahora, se intenta ocupar lo que se está a la mano de nosotros acompañado de un mayor desarrollo tecnológico, ya que no se puede evitar que el tiempo ha pasado y se tienen mayores avances, los cuales no se deben ver como una amenaza sino como ayuda a conseguir los objetivos (Vargas, 2016).

Reducir, reutilizar y reciclar son las nuevas consignas que se han apoderado de las nuevas construcciones, no solo en el área de los edificios y viviendas, sino también en los parques, plazas y calles. Luminarias eficientes, que reducen considerablemente el consumo energético, pavimentos que generan menores contaminantes, por lo tanto ayudan a reducir el efecto invernadero, que son las problemáticas que se han apoderado del acontecer nacional, es por esto que es importante ser responsable con los recursos naturales, para “poder cubrir las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones” (CMMAD, 1987)

Finalmente, nace la inquietud de trabajar en la región después de haber viajado a la zona durante el verano y haber descubierto parte de la naturaleza y belleza que presenta. Además de estar potenciada por la gran problemática que ocurre hoy en día en la ciudad como son los altos índices de contaminación y también la experiencia obtenida con los habitantes de la región, que a pesar de tener un sentimiento muy arraigado con la Patagonia han dejado sentir su malestar por los

costos elevados por vivir tan aislado de las principales ciudades.

También el interés de abordar la posibilidad de la incorporación de energías limpias, en este caso solar en ciudades del extremo sur de Chile, que de ser posible podría ayudar considerablemente al mejoramiento de la calidad de vida, disminuir la contaminación al medio ambiente, reducir el agotamiento de los recursos y por sobretodo disminuir el costo en el gasto de calefacción a partir de un pensamiento amigable con el medio ambiente y sustentable en el tiempo.

Por último, motivada por el FONDECYT apoyado por la Investigadora Responsable Luz Alicia Cárdenas para investigar la utilización de energía solar dentro de todo el país, como solución a problemáticas actuales de desarrollo, apuntando a un desarrollo urbano sustentable.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ciudad de Coyhaique al igual que otras ciudades del sur, se ha generado un uso excesivo de leña para la calefacción de sus hogares produciendo un gran problema de contaminación del aire, debido a que se destina aproximadamente un 56% de energía en este consumo (MINVU-DITEC, 2015) (imagen 1), esto llevo a que en el año 2015 se registraran niveles máximos de contaminación triplicando los índices de la Región Metropolitana (imagen 1), provocando un aumento en el servicio de salud por atención a afecciones brocopulmonares (Castro, 2015). Según el Decreto Supremo N° 33 del Ministerio del Medio Ambiente, declaró como Zona Saturada por material particulado respirable MP10, a la comuna de Coyhaique y su zona circundante (MMA, 2012).

DISTRIBUCION ENERGETICA EN UNA VIVIENDA

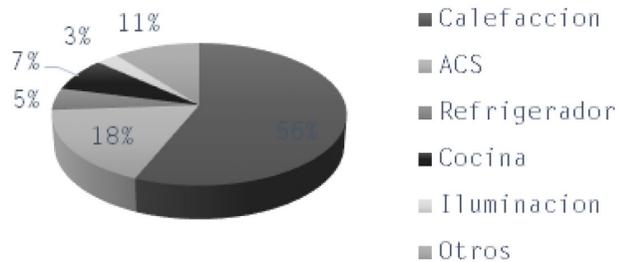


Imagen 1 distribución energética de una vivienda  
Fuente: MINVU - DITEC, 2015

Ciudad	MP 10			MP 2,5		
	Media anual ug/m3	Año	Nota sobre conversión a MP10	Media anual ug/m3	Año	Nota sobre conversión a MP2,5
Arica	33	2014	convertido de PM2.5	15	2014	datos de medición
Copiapó	47	2014	datos de medición	19	2014	datos de medición
Coquimbo	31	2014	convertido de PM2.5	14	2014	datos de medición
Coyhaique	75	2014	datos de medición	64	2014	datos de medición
Curico	51	2014	datos de medición	27	2014	datos de medición
Huasco	25	2014	convertido de MP2.5	11	2014	datos de medición
Maule	42	2014	datos de medición	22	2014	datos de medición
Osorno	54	2014	datos de medición	35	2014	datos de medición
Padre las Casas	64	2014	datos de medición	35	2014	datos de medición
Punta Arenas	12	2014	convertido de MP2.5	5	2014	datos de medición
Quilpué	40	2014	datos de medición	18	2014	datos de medición
Rancagua	75	2014	datos de medición	30	2014	datos de medición
Rengo	49	2014	datos de medición	23	2014	convertido de PM10
San Fernando	43	2014	datos de medición	20	2014	convertido de PM10
Santiago	64	2014	datos de medición	29	2014	datos de medición
Talagante	41	2014	datos de medición	19	2014	datos de medición
Talca	49	2014	datos de medición	25	2014	datos de medición
Temuco	50	2014	datos de medición	31	2014	datos de medición
Valdivia	47	2014	datos de medición	29	2014	datos de medición
Valparaiso	34	2014	convertido de MP2.5	16	2014	datos de medición
Vina del Mar	34	2014	datos de medición	13	2014	datos de medición

Tabla 1 Ciudades más contaminadas dentro de Chile  
Fuente: OMS, 2016

Por otra parte, hoy en día en Chile se vive una crisis energética que no se puede negar, dado por el agotamiento de las materias primas fósiles que nos proveen de esta energía, esto debido en primer lugar al explosivo crecimiento de la población y a las grandes demandas energéticas que tienen las industrias y el transporte dentro de los últimos años. Por otro lado, como consecuencia del actuar del ser humano que busca obtener beneficios sin importar el daño que puede ocasionar a los ecosistemas para satisfacer sus propias necesidades.

La mayoría de la energía (Imagen 2) es consumida como petróleo crudo, carbón, leña y gas natural (CORFO, 2013) las cuales provienen del uso de combustibles fósiles. Sin embargo nuestro país no presenta fuentes propias importantes de los principales recursos a utilizar, que son el petróleo y el gas. Según la Política Energética de Chile, el sector comercial, público y residencial (Imagen 3) casi el 21 % del consumo proviene de fuentes energética eléctricas (34 %), seguido por biomasa principalmente leña (32%), gas licuado (18%) y natural (11%) (MINENERGIA, 2015). Por el contrario, a lo largo del país se cuenta con una gran variedad de recursos naturales que se pueden aprovechar para la generación de nuevas fuentes energéticas sin contaminar al medio ambiente.

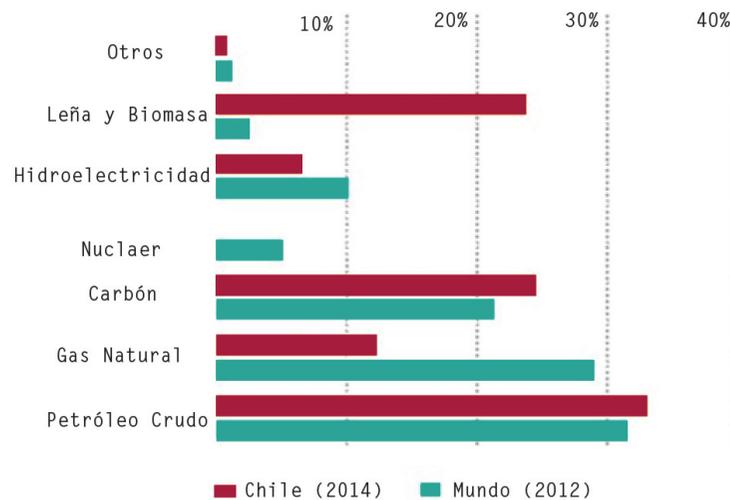


Imagen 2 Matriz energética primaria  
Fuente: Ministerio de Energía, 2015

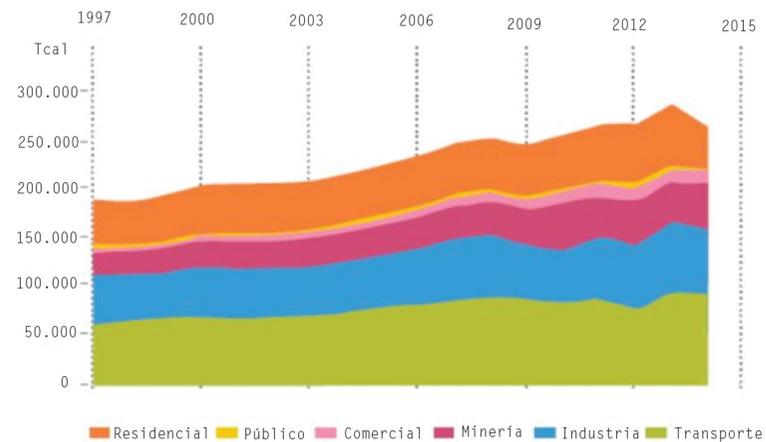


Imagen 3 Consumo energético final histórico por sector  
Fuente: Ministerio de Energía, 2015

Dentro del país se pueden encontrar grandes cursos de aguas provenientes de ríos y lagos que proveen de energía a través de centrales hidroeléctricas, además se cuenta con fuertes vientos para la generación de energía eólica, recintos termales en la Cordillera de los Andes que presentan un potencial para producir energía geotérmica, altas radiaciones que se dan en el Norte del país, siendo un punto importante de potencial de energía solar y convertirse en un líder mundial en generación solar. También en las costas que se encuentran de Norte a Sur poseen un potencial infinito de energía mareomotriz generada por las mareas y olas y energía de biomasa representada principalmente por la extracción del biogás desde vertederos de basura (MINENERGIA, 2016).

En relación a los recursos antes mencionados obtenemos las

Energías Renovables No Convencionales que corresponden aquellas fuentes de energía que pueden renovar su suministro a escala de tiempo humana, las cuales están definidas por la Ley 20.257. Las energías reconocidas como ERNC son la energía solar, eólica, geotérmica, biomasa, marina y mini hidráulica, pero lamentablemente hoy solo se utiliza el 6% de este tipo de energía (CORFO, 2013).

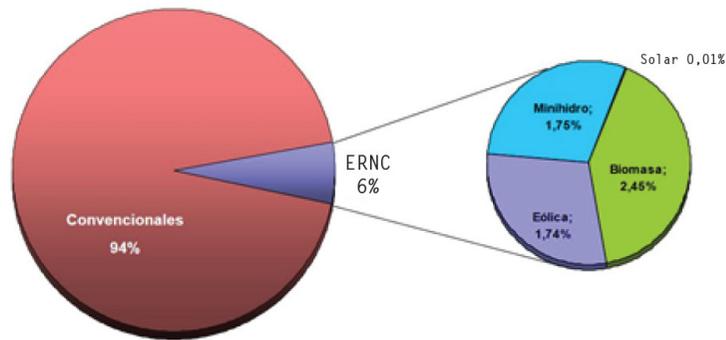


Imagen 4 Porcentaje de utilización de ERNC.  
Fuente: CORFO 2013

Es por esto, que viendo el estado actual de la situación energética y sabiendo que se poseen grandes recursos para poder potenciar, es de vital importancia fomentar la incorporación de nuevas tecnologías para la producción de energía así como lo han hecho muchos países en el mundo, ya que son una opción limpia y segura de ingreso energético. Es debido a esto, que el uso de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) se presenta como un desafío permanente para contribuir al desarrollo de

ciudades más sustentables. En relación a lo anterior, es que en la actualidad se está buscando la forma de poder fomentar este desafío aún más, a través de la diversificación de fuentes energéticas que minimicen el impacto en el medio ambiente. Principalmente se ha hecho hincapié en el aprovechamiento de la energía solar, ya que esta contribuye una gran fuente natural para el desarrollo de la vida humana, ayudando a potenciar los espacios habitables dentro de las viviendas (FONDECYT, 2015). Actualmente en el mundo, la Unión Europea han sido los pioneros en la búsqueda de nuevas alternativas de suministro energético; el país que presenta mayor potencia instalada de energía solar en el mundo al 2010 es Alemania con 7.408 MW (Lecue, 2011) y seguido por España con 3.787 MW, siendo un referente para Chile en esta materia.

Según Environmental Protection Agency (Imagen 5) se puede apreciar que Alemania y España se encuentran dentro de los primeros cuatros lugares en el mundo, los cuales son los que presentan mayor potencia instalada de Energía Renovable No Convencionales.

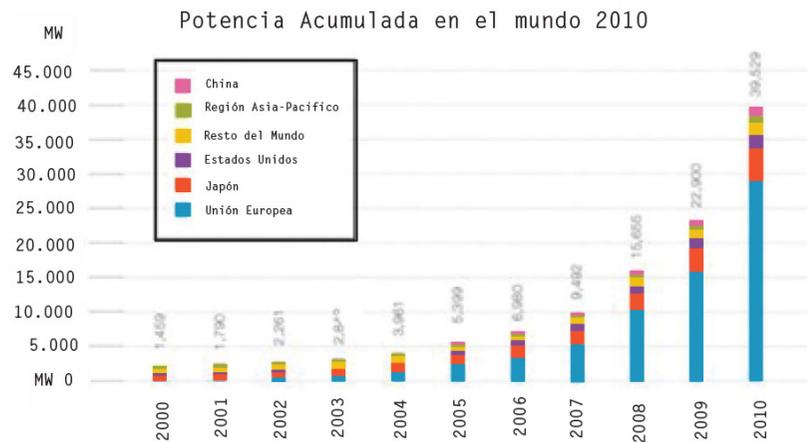


Imagen 5 Potencia acumulada en el mundo  
Fuente: EPA, 2010

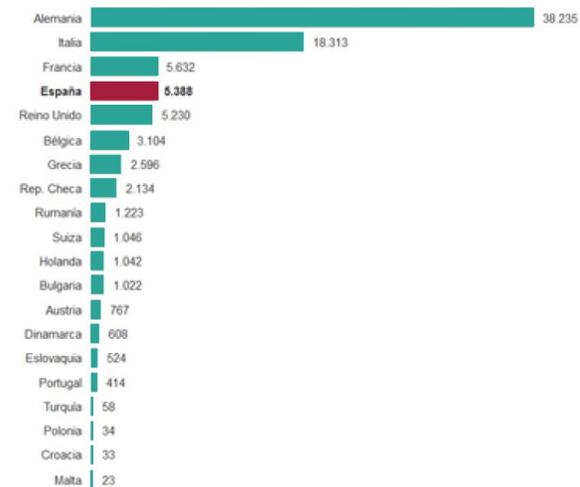


Imagen 6 Potencia acumulada Alemania  
Fuente: La Vanguardia, 2015

En general, las energías renovables tienen su origen en la energía solar, desde ella derivan todas las otras, ya que aprovechan indirectamente la energía aportada por el sol. Pero específicamente la radiación solar tiene distintas maneras de recuperación energética, ya sea como vía de calentamiento que reemplaza el consumo de energías convencionales, producción de electricidad y la obtención de combustible de uso directo como el hidrógeno. En las viviendas se utiliza de forma pasiva, ya que se recibe directamente de la luz y el calor del sol, captándolo, almacenándolo y distribuyéndolos de forma natural hacia el interior y también está la energía solar activa que utiliza la luz y el calor del sol mediante procesos técnicos y dispositivos tecnológicos (Endesa, 2006).

La ciudad de Coyhaique dentro del potencial energético (Imagen 7) se encuentra en la banda amarilla que indica una radiación global horizontal de 270 W/m<sup>2</sup>, el cual posee mayores índices de radiación que muchos países de Europa en donde el desarrollo de energías limpias es mayor que nuestro país como por ejemplo Alemania que tiene una radiación global horizontal de 90 W/m<sup>2</sup>.

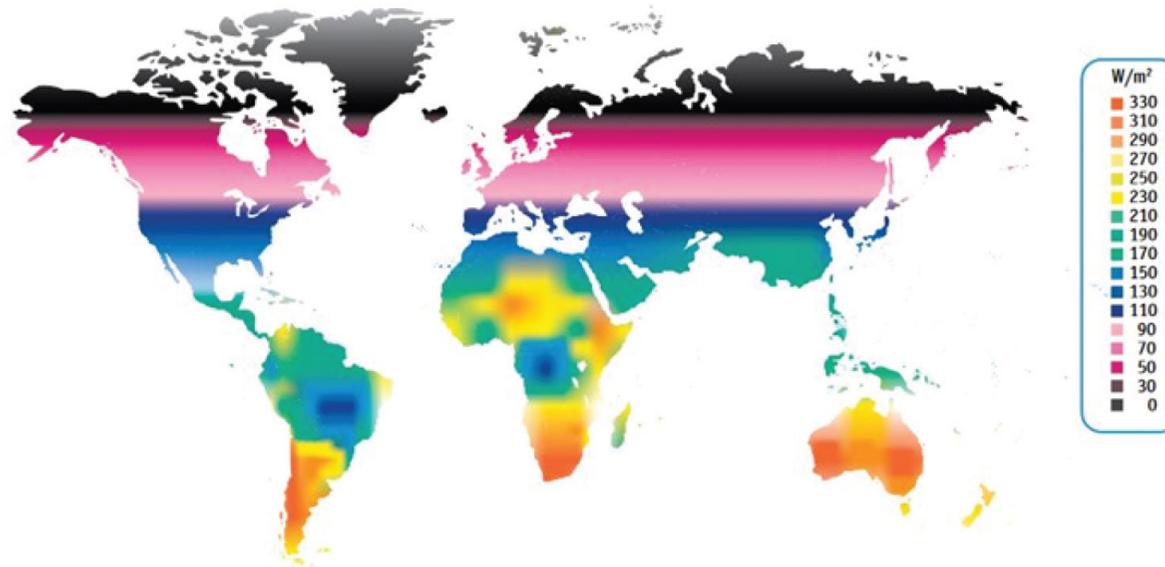


Imagen 7 Potencial solar anual en el mundo  
Fuente: Endesa, 2006

Finalmente el objetivo de esta investigación es poner evidencia la problemática de la contaminación atmosférica producida por el uso de leña que se produce en Coyhaique por la calefacción de las viviendas y el gasto energético en iluminación, debido a la gran cantidad de horas en el día que se recurre al uso de luz artificial en temporada de invierno por las menores horas de luz natural que se posee (tabla 2). El cual puede ser solucionada con la adopción de nuevas tecnologías aprovechando la radiación solar, a pesar de no poseer en esta ciudad las más altas radiaciones dentro del país y del mismo modo poner en valor la importancia y los beneficios de la energía

solar dentro de Chile como un recurso vital para el desarrollo del ser humano. Y lograr con esto, una menor contaminación y una mayor eficiencia energética.

Ciudad	Horas con luz natural (invierno/ verano)	Valor KWh
Santiago	10 horas (07:28 a 17:50) 14 horas (6:38 a 20: 56)	\$ 110
Coyhaique	9 horas (08:03 a 17:26) 15 horas ( 5:04 a 20:40)	\$ 175

Tabla 2 Tabla comparativa de horas de luz y valor de electricidad  
Fuente: Elaboración propia basada en información de Chilectra y Edel Aysén

Según la tabla comparativa se puede apreciar que el valor del kWh en Coyhaique es casi un 50% más caro que en Santiago, a pesar de encontrarse la ciudad cercana a las fuentes principales de energía y poseer menores horas con luz natural. La generación de electricidad es a base del sistema eléctrico Aysén el cual tiene una potencia instalada de 52 MW (MINENERGIA, 2015). Además, Coyhaique cuenta con el primer parque eólico, Alto Baguales, el cual está interconectado al sistema eléctrico desde el 2001, generando cada turbina 660 kW (SAESA, 2005).

También se puede apreciar en la gráfica solar en donde muestra que la ciudad de Coyhaique para el solsticio de invierno 21 de Junio (Imagen 8) tiene un recorrido del sol más corto que en el solsticio de verano 21 de Diciembre que su trayectoria es mayor (Imagen 9).

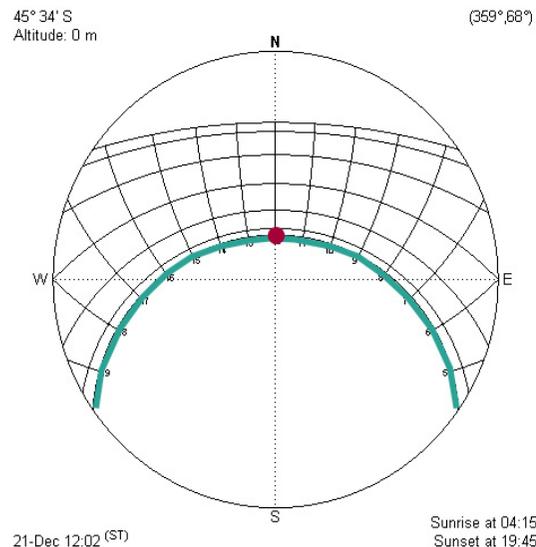
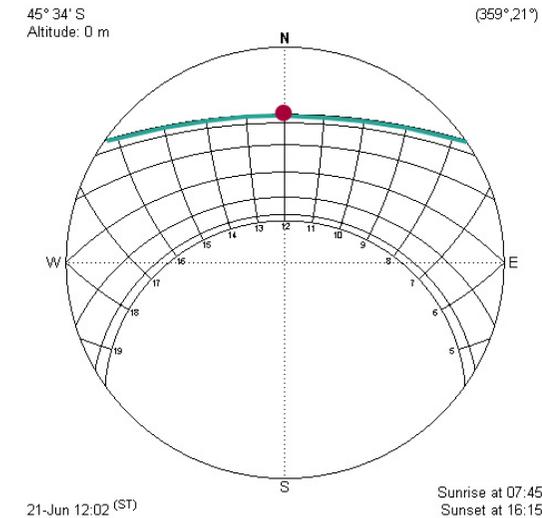


Imagen 8 y 9 Carta solar para solsticio de invierno 21 de Junio y 21 de Diciembre

Fuente: Elaboración propia en base a Heliodon, 2016

Finalmente, el planteamiento del problema de la tesis deriva de una necesidad de la sociedad chilena de mejorar la calidad ambiental, la eficiencia de los recursos y el ahorro en el uso de la energía en las viviendas para avanzar a la construcción de las ciudades del futuro.

A partir de lo que sea comentado anteriormente se pueden plantear algunas interrogantes para interiorizarnos en la investigación.

## 1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿En qué magnitud es factible el uso de las Energías Renovables No convencionales en Coyhaique considerando que posee menores valores energéticos que el Norte de Chile como un método alternativo al convencional?<sup>1</sup>

¿Cuál es la potencia generada in situ en una vivienda de la ciudad de Coyhaique y es suficiente para satisfacer la demanda de electricidad y calefacción?

Finalmente, según las reflexiones obtenidas de toda la problemática abordada se puede armar la siguiente hipótesis:

---

<sup>1</sup> Para poder realizar la afirmación se obtiene información de la radiación solar de la zona norte y sur en Explorador solar Departamento de Geofísica Universidad de Chile.

## 1.5 HIPÓTESIS GENERAL

El estudio de las Energías Renovables No Convencionales y las técnicas implementadas a nivel nacional e internacional, permitiría construir una alternativa factible para lograr la reducción de la demanda energética y a futuro generar la descontaminación en la Ciudad de Coyhaique.

Para ello, se estima la factibilidad técnica mediante sistemas pasivos y activos a través del aprovechamiento de energía solar en comparación al método tradicional para el consumo de calefacción e iluminación. Además, estudiar la factibilidad cultural que evalúe la resistencia al cambio de los habitantes. Esta solución es posible para afrontar y resolver algunos de los problemas de contaminación ambiental y generando en los usuarios una noción de arquitectura sustentable.

La tesis investigativa gira en torno a los conceptos que se describen en la hipótesis, enfocándose específicamente en la ciudad de Coyhaique como una zona de estudio para poder dejar en evidencia que, a pesar de no poseer las mejores condiciones solares, la energía solar podría ser una alternativa que puede ayudar a mejorar las condiciones ambientales y fomentar la utilización de energías renovables no convencionales dentro del país.

### 1.5.1 Sub Hipótesis

En zonas de mayor contaminación disminuye el acceso de la radiación solar a las viviendas y a la tierra, trayendo como consecuencia que las viviendas en esos sectores tengan mayor penumbra al interior de la vivienda y temperaturas más bajas que en los sectores de menos contaminación.

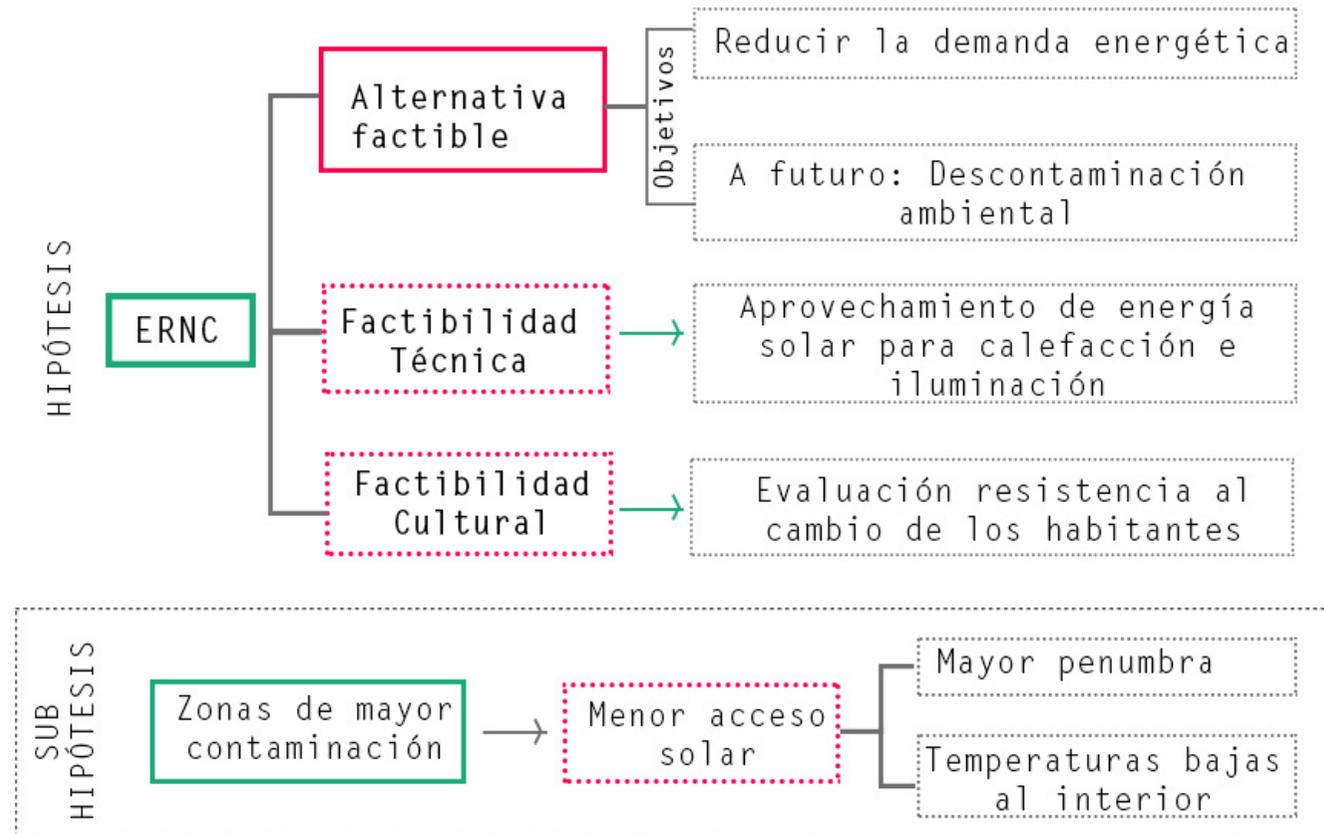


Imagen 10 Esquema resumen hipótesis y sub hipótesis  
Fuente: Elaboración propia, 2016

## 1.6 OBJETIVOS GENERALES

Analizar, comprender y evaluar la factibilidad técnica y cultural de la utilización de energías limpias como energía solar para revertir el proceso de contaminación en la ciudad de Coyhaique mediante la investigación experimental mediante mediciones de confort térmico al interior de las viviendas y cálculo de las tecnologías a utilizar.

### 1.6.1 Objetivos Específicos

1. Desarrollar un diagnóstico y levantamiento de condiciones de confort térmico actuales en viviendas existentes en población de ingresos medios en Coyhaique.
2. Determinar el consumo y costos de leña por vivienda para mantener los niveles de confort/ disconfort actual.
3. Cuantificar la cantidad energética requerida por energías limpias para llegar al nivel de confort / disconfort actual.
4. Cuantificar la potencia que generan las tecnologías solares en la ciudad de Coyhaique.
5. Elaborar y promover recomendaciones arquitectónicas que incorpore energías renovables no convencionales para calefacción y criterios de sustentabilidad que promuevan

la valoración local y la innovación.

6. Desarrollar información de referencia para lograr que las viviendas incorporen criterios de sustentabilidad que permita acelerar la transformación del medio ambiente construido hacia uno más saludable, con mejor calidad de vida, productivo, resiliente y sustentable.

7. Estudiar la viabilidad cultural de la incorporación de Energía Solar en la comunidad de Coyhaique para generar conciencia en la sociedad.



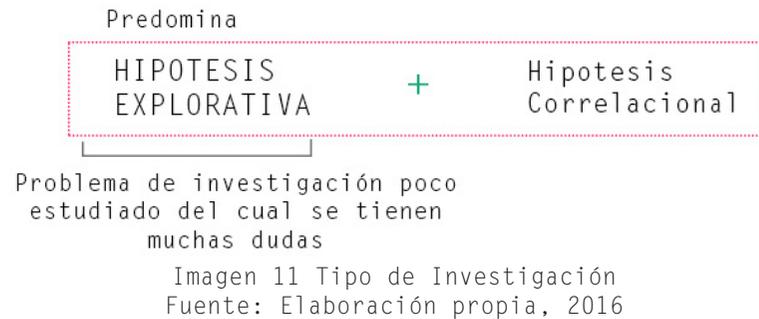
# CAPITULO 2

## METODOLOGÍA

## 2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Hernández Sampieri (2016), la definición del tipo de investigación depende de dos factores; en primer lugar del grado de conocimiento actual sobre el tema de investigación que revele la revisión de la literatura, y en segundo lugar de la perspectiva que el investigador le quiera dar al estudio. El autor señala cuatro tipos principales de investigación, la exploratoria, la descriptiva, la correlacional y la explicativa.

En esta ocasión el tipo de investigación que predomina dentro de la tesis es exploratoria, ya que el objetivo principal de este estudio es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado del cual se tienen muchas dudas. También se presentan rasgos del tipo de investigación correlacional, que permite responder a una pregunta de investigación intentando conocer la relación que existe entre dos o más conceptos o variables. En este caso se puede observar que se cruzan dos tipos de investigación, debido a que muchas veces las investigaciones no se pueden categorizar únicamente en uno de ellos, es decir, que aunque un estudio tenga la esencia de un tipo de investigación definida, en este caso exploratorio, puede asimismo contener elementos descriptivos, correlacionales o explicativos (Hernandez Sampieri, 2006).



## 2.2 ESTRATEGIAS DE METODOLOGÍA

Para desarrollar la tesis se ha seleccionado la ciudad de Coyhaique, con la finalidad de determinar las reales condiciones del acceso solar que posee la ciudad y monitorear la temperatura interior y humedad relativa al interior de las viviendas, a través de un trabajo de campo en donde se seleccionarán dos casos de estudio, para posteriormente generar simulaciones. También se realizarán encuestas a los vecinos acerca de la posible incorporación de nuevas tecnologías en las viviendas y así obtener la percepción de los usuarios respecto a las ERNC en esta región.

Finalmente con los resultados que se obtendrán se quiere establecer un conocimiento cuantitativo y cualitativo de los indicadores de energía solar incidente sobre fachadas y techumbres en viviendas aisladas en la ciudad de Coyhaique. Todo esto para poder determinar si es factible la utilización de paneles fotovoltaicos para la

producción de electricidad y sistemas para calefacción a través del uso de la electricidad por medio de losa radiante. Además se pretende explorar las normativas relacionadas con la arquitectura que respondan a las condiciones del lugar, debido a que existe un déficit en esta materia dejando una deuda a solucionar por parte de los arquitectos, en donde se dé un mayor énfasis en los aspectos arquitectónicos como la carta solar y orientaciones para las futuras construcciones.

En base a los resultados que se obtengan en la investigación se propondrán algunas recomendaciones en materia de arquitectura que ayuden a mejorar las condiciones de las viviendas y poder satisfacer las necesidades básicas de calefacción e iluminación a menor o igual costo de lo que se ha estado realizando.

### 2.2.1 Pasos Metodológicos

#### a) Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica permitirá acceder a fuentes primarias para recopilar la información necesaria para darle un sustento teórico a esta investigación, revisando textos, tesis, libros y seminarios respecto al tema de energías renovables no convencionales, políticas ligadas a la sustentabilidad y confort ambiental. Además se accederá a fuentes secundarias, donde se revisarán artículos de revistas y resúmenes referentes a los

conceptos de descripción y nuevas técnicas de calefacción a partir de energías limpias.

A partir de la revisión bibliográfica se identificarán los conceptos claves dentro de la problemática de la investigación que aportan antecedentes a la producción del problema en Coyhaique. Los conceptos claves serán definidos a partir de cómo se plantea la problemática, y son necesarios para entender las razones por las cuales se produce este problema.

#### b) Recolección de información

Se recolectará información en documentos y artículos recuperados de internet, respecto a la problemática registrada en Coyhaique por el uso excesivo de leña y sus malas condiciones ambientales, y posteriormente se buscarán temas relacionados con habitabilidad, confort ambiental y la Reglamentación térmica.

A partir de la recolección de datos se identificarán las estaciones de monitoreo dentro de la ciudad de Coyhaique y se analizará cuál de ellas es la que presenta mejores y peores condiciones ambientales a su alrededor.

Para esto se revisarán las estaciones de monitoreo establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y se verán los registros de las condiciones que presentan, información que será obtenida según datos entregados por el MMA seremi de Coyhaique.

#### c) Trabajo de campo

Se realizarán visitas in situ a la ciudad de Coyhaique para obtener un mayor acercamiento a la problemática encontrada, se seleccionarán viviendas para desarrollar el monitoreo y se visitarán las viviendas seleccionadas para obtener fotografías y generar conversaciones con los propietarios, con el fin de tener observaciones y un análisis más crítico de los casos de estudio. Por otra parte se evaluarán los parámetros influyentes dentro de la habitabilidad de la vivienda para lograr el confort térmico. Este trabajo se apoyará en la revisión bibliográfica relacionada al confort térmico de autores ligados a esta área para tener un mayor acercamiento a este parámetro y sus variables.

En cuanto a la selección de las viviendas se buscarán dos inmuebles con características similares de materialidad, número de usuarios, m<sup>2</sup> y orientación. Una de las viviendas deberá ser muy cercana a la estación de monitoreo con mayores índices de contaminación y la otra vivienda se encontrará a un kilómetro de la estación con mejores condiciones ambientales. Posteriormente se evaluarán las condiciones térmicas al interior de las viviendas a través de un datalogger que monitoreará temperatura y humedad según protocolo, ya que esta es una variable importante para determinar el confort del usuario y poder disminuir el consumo de leña para calefacción de la vivienda.

Para gestionar el ingreso a las viviendas se entablará una formalización con los propietarios, mediante llamadas telefónicas y visitas a las viviendas, siendo esto respaldado con una “carta credencial” de la Universidad de Chile.

#### d) Levantamiento planimétrico

Para poder recopilar la planimetría de las viviendas primero se hará un levantamiento en terreno a través de la toma de fotografías y medidas, así como la ejecución de un croquis de las plantas de las viviendas a mano alzada en terreno, para posteriormente ser ingresado al programa AUTOCAD.

#### e) Encuestas

Se realizarán encuestas a los jefes de hogares de las viviendas seleccionadas como casos de estudio con la finalidad de tener una primera aproximación de los patrones de usos de las viviendas, como por ejemplo la temperatura ideal a obtener al interior del hogar, horarios en que se encuentran los usuarios, rango de horas que mantienen la calefacción encendida, entre otras preguntas.

Para esto se realizará un cuestionario con alternativas de respuestas fáciles para los jefes de hogares. Con esto se quiere lograr no sólo una mayor comprensión del funcionamiento de la vivienda, sino también un

acercamiento con las familias para que puedan compartir su experiencia en relación al fenómeno de la contaminación ambiental que se está desarrollando en la ciudad.

#### f) Entrevista semi - estructurada

Para llevar a cabo la investigación se desarrollarán entrevistas semi - estructuradas a los habitantes de la ciudad de Coyhaique relacionadas a la sensación térmica de sus viviendas, la utilización de la calefacción, el gasto económico asociado a electricidad y calefacción y la factibilidad del uso de nuevas tecnologías con energías limpias.

El objetivo de realizar entrevistas a los habitantes será para obtener una visión de la percepción de los usuarios sobre el grado de satisfacción del comportamiento térmico de la vivienda y la utilización de nuevas tecnologías para calefaccionar. Para esto, se considerará una muestra representativa aproximadamente del 0,1 % de la población.

#### g) Diseño en RETSCREEM

A partir de la información que se recibirá de la cantidad de energía requerida para calefaccionar en promedio una vivienda, se realizara un diseño representativo en RETSCREEN para saber cuántos paneles fotovoltaicos son necesarios para llegar a esa cantidad de consumo.

Los datos que se utilizarán en el diseño en RETSCREEN serán obtenidos a través de las entrevistas semi - estructuradas donde se consultará el gasto en electricidad de la población, el monitoreo de las viviendas en relación al consumo de calefacción según el protocolo de los datalogger y la revisión de boletas de consumo.

#### h) Simulaciones energéticas a través de modelamiento en ECOTECT

Dentro de la investigación se realizarán modelamientos del área de las viviendas seleccionadas a través del programa ECOTECT, el cual permite evaluar el desempeño de la radiación solar.

Para lograr este paso se analizará arquitectónica y urbanísticamente las viviendas, revisando la altura de las viviendas y morfología de la manzana para recomendar una morfología urbana adecuada que potencia el uso de la radiación solar. Además se construirán diagramas de confort de las viviendas para el mes de julio en donde se compare el confort térmico teórico y real para ese mes.

#### i) Procedimiento para análisis de información.

Para el análisis de la información que se recogerá a partir de los casos de estudio se utilizará la comparación de los casos y el cruce de información.

Para esto se desarrollarán gráficos de temperatura y humedad separando los días laborales y fin de semana por

cada vivienda y gráficos comparativos de ambos casos. Además, se realizarán gráficos para los resultados obtenidos en las encuestas para mostrar la información de forma didáctica. Y definir cuantos paneles solares son necesarios para suplir la demanda de electricidad y calefacción.

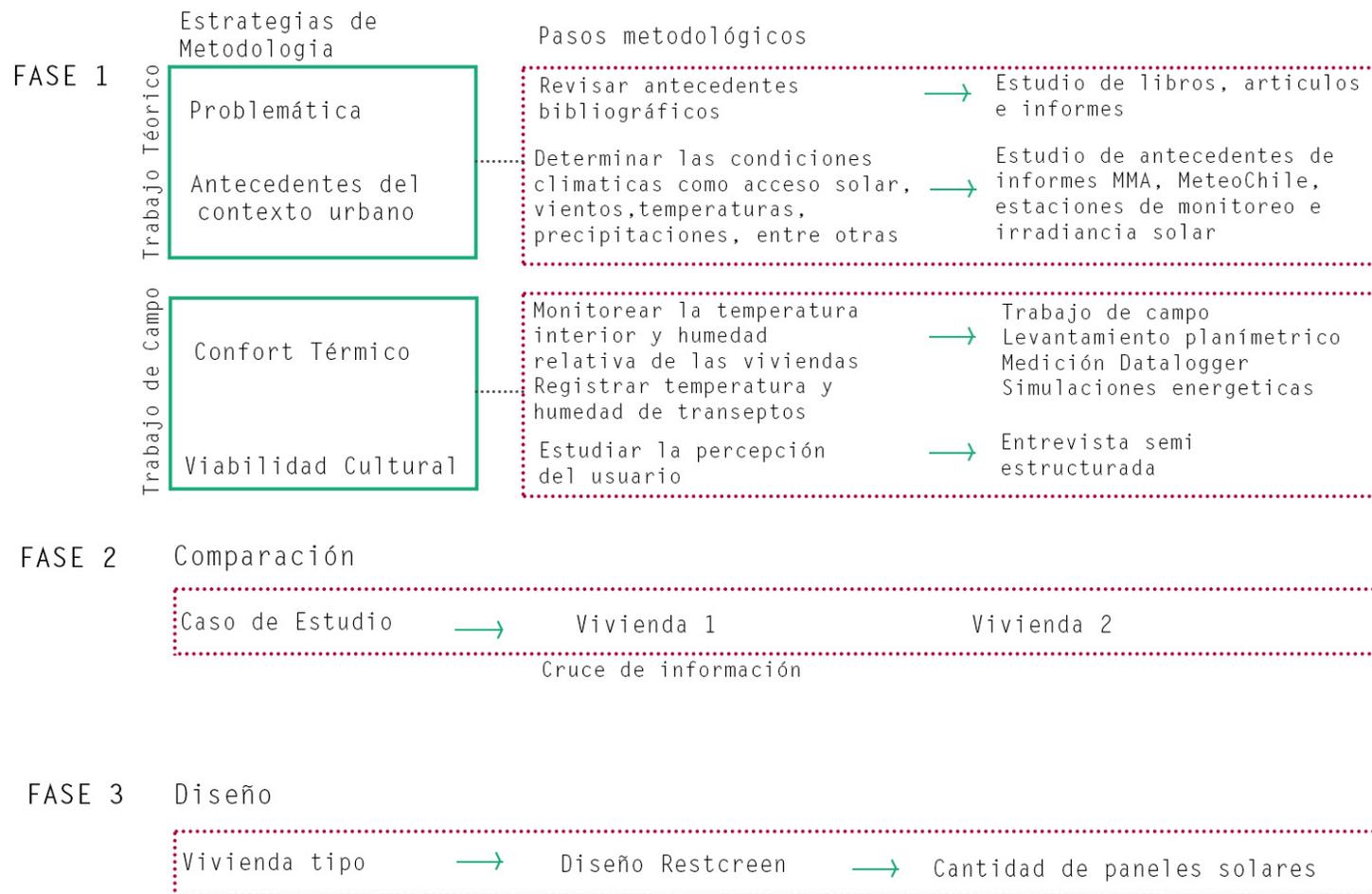


Imagen 12 Cuadro resumen metodología  
 Fuente: Elaboración propia, 2016

## 2.3 TECNICAS DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS

El levantamiento de la información en terreno considerara la medición continua del parámetro ambiental confort térmico, a través del monitoreo de temperatura y humedad a partir de un datalogger que se colocará en un lugar determinado en donde no recibirá mayores influencias del artefacto de calefacción. Los resultados serán arrojados a través de tablas de Excel que muestran la fecha, temperatura y humedad. Los datos serán recolectados cada dos meses a partir de un programa instalado en el computador que viene integrado con la instalación del datalogger, para sincronizarlo a la fecha y tiempo de monitoreo establecido. Estos datalogger no tienen la opción de ver los resultados monitoreados en tiempo real, ya que los que lo permiten poseen un costo mayor al presupuesto del presente estudio.

## 2.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Entre los meses de mayo y junio se situó el monitoreo del datalogger cada 20 horas con la finalidad de conocer el comportamiento genérico de las temperaturas y humedad obtenidas en la vivienda. En los meses siguientes, desde julio hasta octubre, se decidió programar un monitoreo durante cada una hora para tener un análisis más exhaustivo, haciendo énfasis en el análisis del mes de julio debido a que por sus bajas temperaturas es el mes de mayor demanda de calefacción.

Dentro de la investigación se eligió el método de casos de estudio, debido a que hacer un muestro en una mayor cantidad de casas consideraría un costo económico mayor que escapa de los alcances de un ejercicio académico. A pesar de esta limitación, el método de casos de estudio permite mostrar adecuadamente el comportamiento térmico y las falencias que puede tener una vivienda tradicional en Coyhaique, sin embargo para poder tener un análisis más amplio sería beneficioso poder realizar una investigación con una mayor cantidad de casos de estudio.

Por último se debe considerar como limitación a las pretensiones de este estudio que a pesar de la eficiencia que pueda tener la solución propuesta, dependerá de las autoridades ponerla en práctica para mejorar la calidad de vida de los habitantes y del medio ambiente.



CAPITULO 3 MARCO TEORICO

## 3 CONTEXTO NACIONAL

### 3.1 POLÍTICAS ENERGÉTICAS DE CHILE

En este subcapítulo se mencionan todas las leyes y políticas que se enmarca en el contexto nacional y que tienen relación con el medio ambiente, el uso sustentable de los recursos, la autogeneración de nuestra propia energía y las nuevas estrategias que se están introduciendo para paliar los fenómenos producidos por la contaminación y el exceso de emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

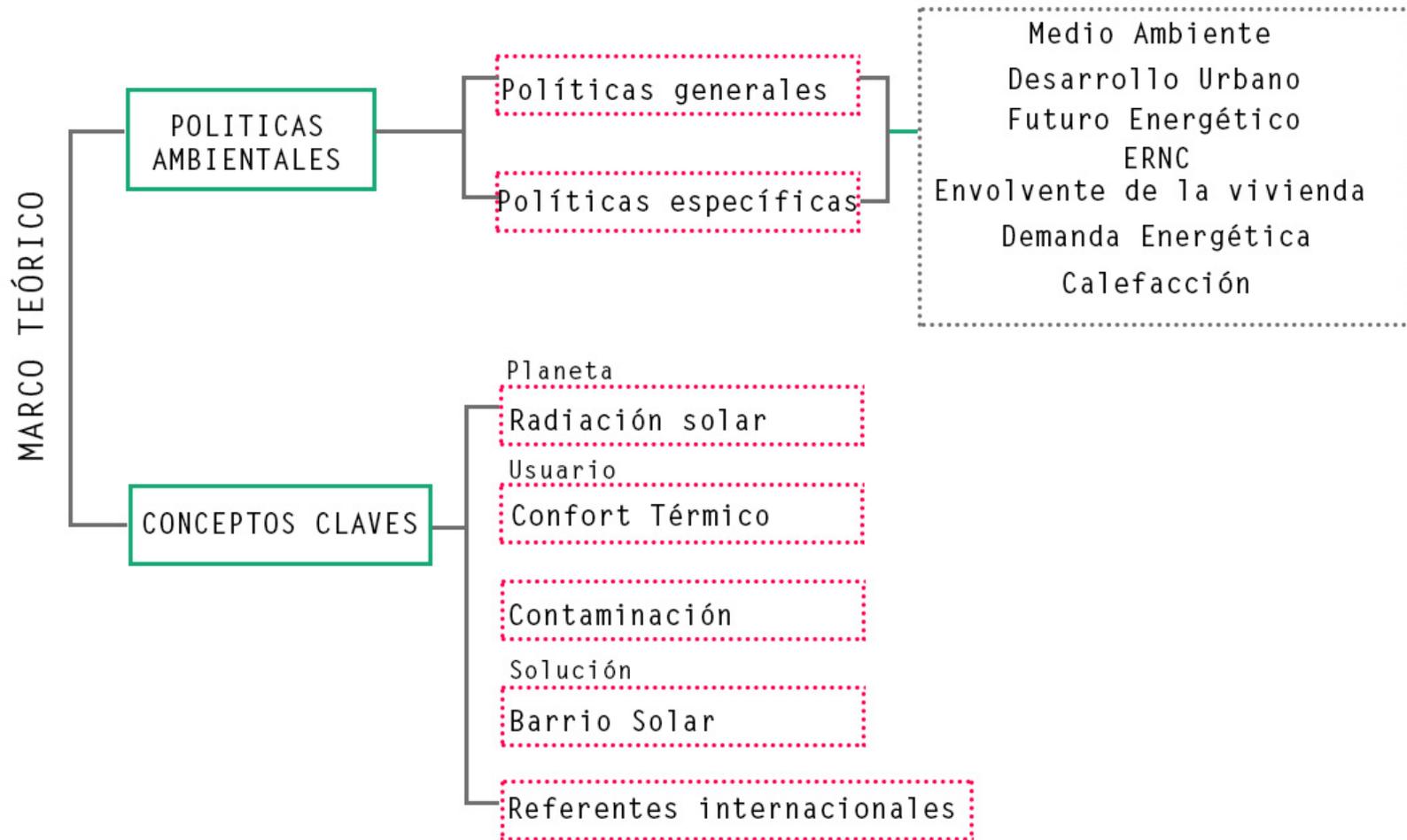


Imagen 13 Resumen de Marco teórico  
 Fuente: Elaboración propia, 2016

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

### 3.1.1 Ley N° 19.300 o Ley de bases generales de Medio Ambiente

Esta es la primera ley relacionada al tema ambiental en Chile y es la culminación de un proyecto que desde 1990 se comenzó a gestar bajo el concepto de desarrollo sustentable. Esta ley se promulga en marzo de 1994 y tiene el objetivo de hacerse cargo de los temas ambientales desde una perspectiva integral. Además, de generar las condiciones básicas para compatibilizar el crecimiento económico, la protección del medio ambiente y el usos sustentable de los recursos siempre en una relación de equidad social y económica.

También, la Ley de Bases Generales de Medio Ambiente define dentro de sus artículos algunos conceptos como biodiversidad, biotecnología, cambio climático, conservación de patrimonio ambiental, contaminación, daño ambiental, educación ambiental, evaluación del impacto ambiental, zona latente, zona saturada, entre otros, conceptos importantes para entender la relación del Estado con el medio ambiente.

Por otra parte, esta ley trajo con ello que Chile participara de varios acuerdos relevantes respecto del medio ambiente con otros países. Algunos de los más importantes son la convención de las naciones unidas sobre el cambio climático, la convención sobre la diversidad biológica, el programa de trabajo Agenda 21, el convenio de Viena y el protocolo de Montreal, el

convenio de Basilea y la convención de lucha contra la desertificación (CONAMA, 2008).

Además, dentro del margen de la ley se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), institución que tiene el objetivo de promover, cuidar y vigilar el cumplimiento de las normas relacionadas con el medio ambiente y administrar la evaluación del impacto ambiental. Esta institución tuvo una duración de 1994 al 2010, en donde se inaugura el nuevo ministerio, el Ministerio de Medio Ambiente.

A partir de la instauración de esta ley en los siguientes años comienzan aparecer otras leyes que promueven el desarrollo sustentable.

### 3.1.2 Política Nacional de Desarrollo Urbano

Esta política nace después de un proceso de 20 años intentado establecer los principios, objetivos y líneas de acción que rige la planificación de las ciudades para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Su importancia radica en que, el contexto en que se desarrollan las ciudades ha cambiado en los últimos años.

Si bien, esta política no habla directamente de temas relacionados a energía, es de vital importancia para orientar el desarrollo de las ciudades y como estas pueden mejorar la calidad de vida de la población. Entendiendo que la población chilena ha crecido en el último tiempo

y más del 87 % de su población es urbana (PNUD, 2014) y que los proyectos urbanos se insertan en la ciudad sin entenderla con un organismo complejo y que si de este se mueve una parte esto afecta a un todo.

La Política de Desarrollo Urbano está basada en el concepto de desarrollo sustentable, en el cual se se amplían las posibilidades de las personas para sacar adelante sus proyectos de vida y satisfacer las necesidades actuales sin comprometer a las de las futuras generaciones.

Por otra parte, la estructura que presenta la política es a través de ámbitos temáticos como integración social, desarrollo económico, equilibrio ambiental e identidad y patrimonio, en donde se presenta el objetivo específico y las líneas de acción para cada ámbito. Para posteriormente, señalar las reformar institucionales para lograr estos objetivos.

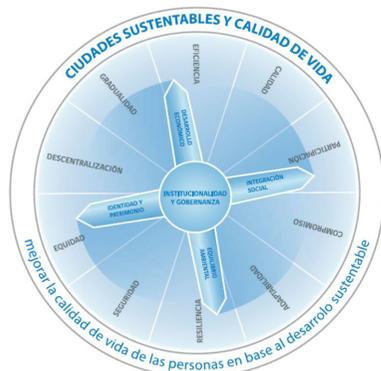


Imagen 14 esquema de ámbitos temáticos de la política nacional de desarrollo urbano  
Fuente: PNDU, 2014

Finalmente, esta política llega con el fin de fijar las herramientas y principios para el desarrollo de las ciudades y centros poblados, ya que anteriormente a esto solo se contaba con medidas básicas de ordenamiento como planos de urbanización, que definían las líneas oficiales de construcción y el límite entre la propiedad privada y pública, siendo muy básicos para la creciente población y el crecimiento de las ciudades (PNUD, 2014)

### 3.1.3 Política de energética de Chile 2050

Esta política nace como una respuesta a la crisis energética de los últimos años y como una necesidad para planificar el futuro energético del país. Debido a que en el año 2014, a partir de la Agenda de Energía se plantea en su hoja de ruta una de las tareas de diseñar y ejecutar una política energética (MINENERGIA, 2015). Pero esta política no tiene solo el objetivo de poner en valor la energía como una necesidad vital sino que también poder generar variados beneficios como promover cambios positivos en la calidad de vida de las personas, oportunidades para cuidar el medio ambiente y favorecer el desarrollo equitativo y sustentable. La política energética se desarrolla en un margen participado en donde se contó con la participación de muchas personas en mesas de trabajos, talleres y la participación de actores claves, desarrollando un rol importante en la constitución de este documento.

La estructura de la política energética presenta dos

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

grandes horizontes en donde se plantean las líneas de trabajo, en primer lugar a corto plazo, en donde se ven los temas de estándares, políticas y regularizaciones relacionados con la factibilidad técnica y sustentable de la matriz energética. En segundo lugar a mediano y largo plazo, en donde se determinan las estrategias tecnológicas que definen el futuro de la matriz energética hacia el 2050. Para cumplir con esta política se crean cuatro pilares fundamentales, dentro de cuales se desarrollan estrategias y planes de acción para:



Imagen 15 los cuatro pilares de la política energética  
Fuente: MINENERGIA, 2015

A continuación se presentan los objetivos de cada pilar:

Pilar	Objetivo
Seguridad y calidad de suministro	Dotar de mayor flexibilidad y seguridad a los sistemas energéticos de producción centralizada. Contar con una producción descentralizada y gestión activa de la demanda
Energía como motor de desarrollo	Impulsar el crecimiento a través de un desarrollo energético inclusivo que se caracterice por un acceso equitativo en donde haya una coordinación territorial y precios que favorezcan la competitividad.
Energía compatible con el medio ambiente	Impulsar una matriz energética renovable y desarrollar lineamientos que aborden los impactos medioambientales, locales y globales. (Para el 2035 se quiere disponer que constituyan la matriz energética un 60 % las energías renovables y para el 2050 al menos un 70%)
Eficiencia y educación energética	Fomentar en los consumidores el uso eficiente de la energía e implementar en la educación formal la integración de contenidos sobre el desarrollo energético en nivel preescolar, básico y media. ( la meta es al 2035 contar con una nueva generación de jóvenes conscientes de la importancia de la energía e interesados en promoverla y cuidarla)

Tabla 3 Resumen de los pilares y objetivos de la política energética

Fuente: elaboración propia en base a política energética 2050, 2016

La visión de la política energética tiene como objetivo llegar a construir un sector energético confiable, inclusivo, competitivo y sostenible, que tiene como finalidad avanzar hacia una energía sustentable en todas las dimensiones. Dentro de las ambiciones de la Política energética es encauzar las acciones de todos para alcanzar el futuro deseado para nuestro país.

Finalmente, se plantean diez metas para el 2050, dentro de las cuales una de las más importantes es asegurar el acceso universal y equitativo a toda la población y que la cultura energética este instalada en todos los niveles de la sociedad. Para el año 2035 se plantean otras diez metas a cumplir, dentro de las cuales destaca que al menos el 60% de la generación eléctrica sea en base a energías renovables y que las viviendas de familias vulnerables tengan un acceso continuo y de calidad a los servicios energéticos. Terminando con las metas relacionadas con los cuatro pilares fundamentales mencionados anteriormente.

#### **3.1.4 Ley 20.173: Ley de generación distribuida**

Esta ley entra en vigencia en octubre del 2014, con el objetivo de otorgar a la población el derecho de generar su propia energía eléctrica, auto consumirla y vender los excedentes a las compañías distribuidoras especificado en el reglamento. Esta ley permite el uso de sistemas de Energías renovables no convencionales o mediante medios de cogeneración eficiente de hasta 100 kW (MINENERGIA, 2015), además de estar estipulado dentro de la ley que los equipos a utilizar deben ser autorizados por la Superintendencia de Electricidad y combustible (SEC) y cumplir con la norma técnica de conexión y operación de equipamiento.

Para poder llevar a cabo un proyecto por ejemplo de paneles fotovoltaicos, es necesario primero enviar una solicitud de conexión y luego de 20 días se entrega la respuesta por parte de la compañía. Posteriormente, se instala el equipamiento de generación y se hace una declaración de la puesta en servicio para luego enviar una notificación de conexión a la empresa distribuidora, si esta conexión esta lista se hace un contrato de conexión con la empresa, la cual supervisará la conexión para que finalmente se ponga en servicio el equipamiento de generación. Cuando el proyecto ya está en uso, si se generan excedentes estos son descontados de la facturación del mes siguiente y si no es posible descontarlo, el monto debe ser cancelado al usuario del proyecto por la empresa.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

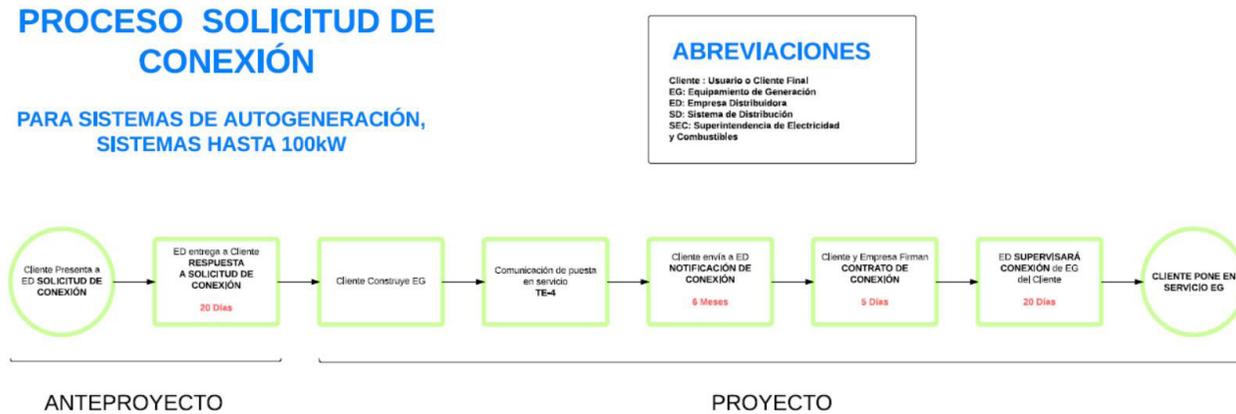


Imagen 16 Proceso de solicitud de conexión  
 Fuente: <http://energysolutions.cl>, 2016

La tarifa que se aplica para quienes hayan instalado este tipo de sistema en el sector residencial y comercial es la tarifa BT1, es la tarifa simple de baja tensión de tipo residencial para medidores simples que tengan una potencia instalada inferior a 10kW (MINENERGIA, 2014). Este valor se aplica a nivel nacional y varía dependiendo de la compañía distribuidora que se esté asociado. Por lo que, esta tarifa no está realmente normada.

Por otra parte, la ley de generación distribuida puede conocerse con el nombre de Net Metering y Net billing, ya que en teoría significan lo mismo, pero hay pequeñas diferencias que hacen entender que se habla de dos conceptos distintos, es por esto que se aclaran en el siguiente párrafo.

### 3.1.4.1 Net Metering

Este concepto hace referencia a la medición neta, es decir, esta medición neta se obtiene de la resta del cálculo de la energía consumida con la energía inyectada en el kWh.

### 3.1.4.2 Net Billing

Este concepto hace referencia a la facturación neta, es decir, esta facturación se calcula restando la valorización de la energía consumida y las inyecciones en dinero, por lo tanto, valorando la energía inyectada y consumida por separado.

Finalmente, la falencia que tiene esta ley a aparte de no cancelar el mismo valor que se consume por el que se inyecta, es que está enfocado solo al sector residencial dejando afuera al sector industrial que son los que hoy

más consumen energía, por lo que integrarlo próximamente en las modificaciones de esta ley permitiría un gran paso para cambiar la matriz energética.

### 3.1.5 Ley 20.257 o Ley de energías Renovables No Convencionales (ERNC)

En los años 2004 y 2005 para fomentar la utilización de las ERNC, se realizan modificaciones en la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE). Esta modificación derivó en la creación de la Ley 19.940 (Corta 1) y Ley 20.018 (Corta 2) con la finalidad de mejorar los sistemas de tarificación en la transmisión y generación de energía.

La Ley Corta 1 tiene el objetivo de mejorar la tarificación del sector de la transmisión eléctrica. Además, de incentivar un trato igualitario a las ERNC abriendo el mercado a pequeños generadores menores de 9 MW, garantizando el acceso a las redes de distribución. Sin esta ley las ERNC no podrían haber entrado al mercado. Por otra parte, la Ley Corta 2, establece que las distribuidoras deben disponer de contratos de suministro para sus clientes regulados para al menos tres años y estos contratos deben ser realizados mediante licitaciones públicas y abiertas.

Finalmente, estas leyes no pudieron incentivar a las empresas a una inversión masiva de las ERNC, es por esto, que el año 2008 se promulga la Ley 20.257 o Ley de energías Renovables No Convencionales, en donde se considera a la energía geotérmica, solar, eólica, de biomasa, biogás y mareomotriz con una potencia máxima de 20 MW como tales.

Según proyecciones de las ERNC se espera que para el

2024 el uso de este tipo de energía sea de un 15% (Centro de Políticas Públicas UC, 2012), pero según la política energética se espera para el 2035 al menos un 60 % de ERNC en la matriz energética.

#### 3.1.5.1 Energías Renovables No Convencionales

Las ERNC son aquellas energías eléctricas generadas por fuentes renovables no convencionales, que tienen como objetivo diversificar el mercado energético, reducir la dependencia de combustibles fósiles, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la equidad en el acceso de energía aportando a la sustentabilidad y dinamismo de las actividades energéticas. Además, el uso de tecnologías que tienen un bajo impacto ambiental pero que no se han desarrollado de manera significativa (UCH & UFS, 2008).

En los últimos años se han generado variadas condiciones para fomentar el desarrollo de las ERNC, promulgando leyes, implementando instrumentos de apoyo directo a la inversión, mejorando el conocimiento de los recursos renovables e instaurando un debate nacional respecto a la importancia de una matriz energética diversificada.

Debido a esto, la política energética 2050 apunta a nuevos objetivos como por ejemplo promover un desarrollo energético eficiente que compatibilice con la seguridad del suministro, sustentabilidad ambiental y equidad en el acceso de energía (MINENERGIA, 2015).

Actualmente, la demanda energética de nuestro país esta generada, transmitida y distribuida por cuatros sistemas eléctricos: el Sistema interconectado del Norte Grande (SING) quien abastece de 21,54% de la capacidad instalada en el país, el Sistema interconectado Centro (SIC) que representa el 77,7% de la capacidad total, el Sistema eléctrico de Aysén que su capacidad corresponde en un 0.4% y el Sistema eléctrico Magallanes con un 0.6% de capacidad instalada. Estos sistemas suplen la demanda total del país de 20.375 MW (MINENERGIA, 2015)

Como se mencionó anteriormente, casi la totalidad de la demanda actual esta generada por energía que proviene de fuentes no renovables, es por esto que la inserción de las ERNC dentro de la matriz energética se ha ido dando de a poco. En el año 2005 existía solo 286 MW de capacidad generada por fuentes renovables y a la fecha ya se ha alcanzado 2.269 MW. Esto indica que cada vez las energías renovables son una opción convencional, debido a que las tecnologías adoptadas han ido disminuyendo sus costos, por lo que se podría considerar como una opción en el futuro.

En el Imagen 17 se muestra que Chile no posee un consumo por habitante tan elevado como otros países, pero en futuro este ira aumentando su desarrollo económico por lo que es importante seguir en el desafío de las nuevas tendencias en materia energética.

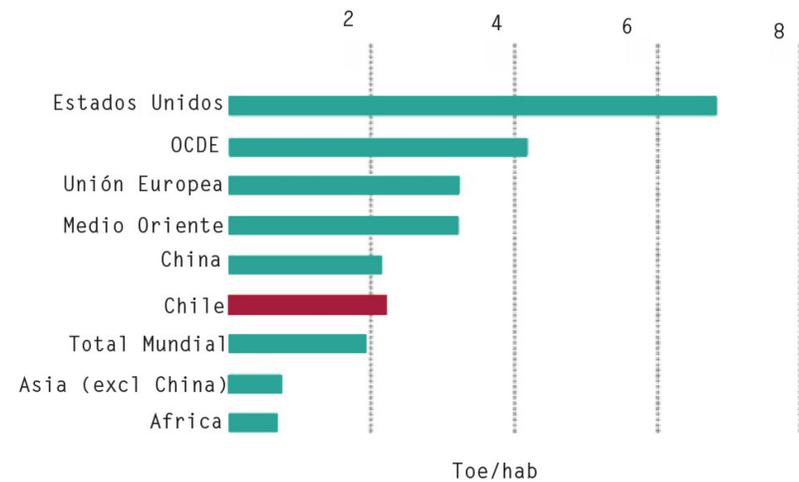


Imagen 17 Consumo de Energía primaria por habitante  
Fuente: Ministerio de Energía, 2015

La importancia de las ERNC radica en que son de fácil acceso debido a que son locales, por lo que no dependen de fuentes externas, ayudan al desarrollo de la economía local, su recurso es abundante, son carbonos neutrales y ayudan a reducir el efecto invernadero y son una alternativa rentable para el reemplazo de los combustibles fósiles que cada vez aumentan su valor (MINENERGIA, 2016).

Actualmente la situación de las ERNC en Chile es de una capacidad instalada total de aproximadamente 2.097 MW, la cual se divide según la tabla 3:

Tecnología	Operación (MW)	Construcción (MW)	RCA aprobada Sin construir (MW)	En calificación (MW)
Biomasa	466	0	134	69
Biogás	43	0	1	8
Eólica	836	165	5.225	2.179
Mini hidráulica	350	134	337	215
Solar fotovoltaica	402	833	8.149	4.008
Solar - concentración solar	0	110	760	370
Geotérmica	0	0	120	0
<b>Total</b>	<b>2.097</b>	<b>1.242</b>	<b>14.725</b>	<b>6.849</b>

Tabla 4 Potencial de ERNC  
Fuente: CIFES, SEA, CDEC, CNE, 2014

A continuación se describen las energías renovables reconocidas por el Ministerio de Energía y las posibles tecnologías a utilizar para tener un mayor acercamiento a ellas, aunque la investigación se centre en la utilización de energía solar:

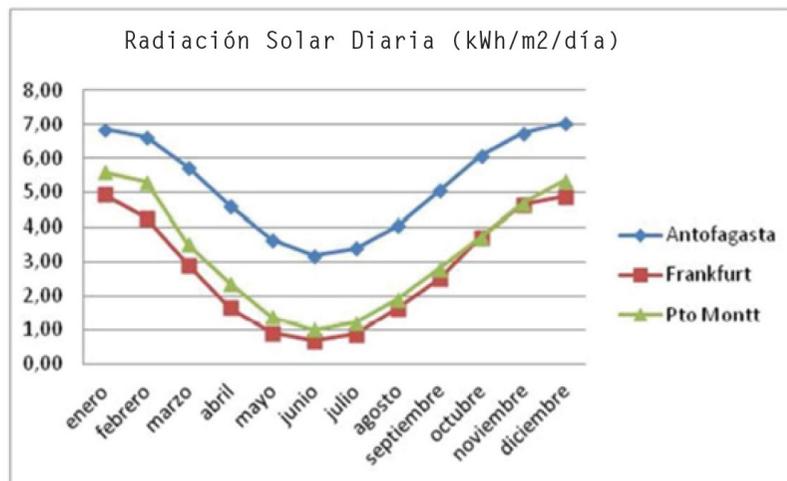
“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

Energía Renovable	Descripción	Beneficios	Tecnologías
Hidráulica	Proveniente del movimiento de las aguas en ríos o cauces. Se produce por la cantidad de volumen de agua que cae en una altura determinada por unidad de tiempo	El ciclo del agua es inagotable No emite gases contaminantes Su costo de explotación es bajo	Pequeñas centrales (2 y 20 MW) Micro centrales (menos de 300 kW) Centrales portátiles (100 a 500 W)
Eólica	Proveniente de los vientos. Esta energía se produce por el desigual calentamiento de las superficie terrestre que por diferencias de temperaturas y presiones atmosférica ocasiona el movimiento de las masas de aire	Su fuente es inagotable (sol y procesos atmosféricos) No produce emisiones dañinas a la atmosfera Es compatible con otros usos de suelo	Eólica on-shore Eólica off-shore Aerogeneradores para aplicaciones domésticas y de pequeña escala
Solar	Proviene del sol en forma de radiación electromagnética, debido a un proceso de fusión nuclear	Se encuentra disponible en todo el planeta Es una fuente inagotable para generar electricidad y calor	Colectores térmicos Colectores fotovoltaicos
Geotérmica	Proviene de la energía calórica contenida en el interior de la tierra que se transmite por conducción térmica hacia la superficie. Tiene dos tipos fundamentales de áreas térmicas, una que contiene agua a alta presión y temperatura almacenada bajo la corteza de la tierra en una roca permeable y un sistema de roca caliente, formados por capas de roca impermeable que recubren un foco calorífico	Alta disponibilidad volcanes y placas tectónicas	Alta entalpía (sobre 150°C) Media entalpía (entre 100 y 150°C) Baja entalpía (temperatura menor a 100°C)
Biomasa	Proviene del conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial. También la biomasa proviene del sol mediante la fotosíntesis de las plantas que absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la tierra	Su uso contribuye a reducir las emisiones de CO2 a la atmósfera siempre y cuando sustituya a un combustible fósil	Biomasa (Pellet) Bioetanol (fermentación de maíz y remolacha) Biodiesel (grasas y aceites vegetales) Biodiesel (residuos vegetales, fecas animales y RSU).
Mareomotriz	Proviene del movimiento de las olas y mareas. Actualmente todas las diferentes tecnologías se encuentran todavía en un estado inicial de investigación y ensayo	No emite gases contaminantes Es una fuente renovable muy abundante	Undimotriz (movimiento de las olas) Mareomotriz (Movimiento de las mareas) Corrientes oceánicas (movimiento de las corrientes oceánicas)

Tabla 4 Cuadro resumen de energías renovables

Fuente: elaboración propia en base a información entregada por el MINENERGIA, 2016

Para el caso de energía solar, que es la energía renovable en que se centra la investigación podemos apreciar que al comparar la ciudad de Antofagasta, Frankfurt y Puerto Montt. Según la radiación solar diaria, Antofagasta es la que presenta mayor potencial, seguido por Puerto Montt y finalmente por Frankfurt, pero la diferencia principal radica que la ciudad de Alemania al estar en una latitud similar a la de Puerto Montt y poseer menos potencial, se ha obtenido un mejor aprovechamiento de este recurso, declarando que para el 2050 se quiere reducir las emisiones de CO2 en un 100% (Grover, 2015)



	Antofagasta	Frankfurt	Puerto Montt
Anual	5,24	2,81	3,23

Imagen 18 Radiación solar de tres ciudades Antofagasta, Frankfurt y Puerto Montt  
Fuente: Ministerio de energía - CORFO, 2013

Según Escenarios Energéticos Chile 2030 el potencial de desarrollo de las energías renovables no convencionales a ese año, se aprecia que una de las energías que tiene mayor posibilidad de ser desarrollada es la energía solar (fotovoltaica y concentrada)

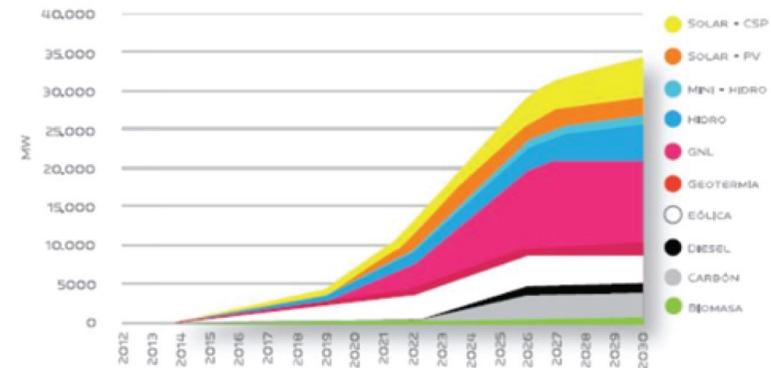


Imagen 19 Capacidad acumulada en MW de energías renovables

Fuente: plataforma escenarios energéticos 2030, 2013

Finalmente, al año 2016 según el Ministerio de Energía en el compendio Cartográfico Regionalizado con el listado de proyectos, en la Región de Aysén se presentan solo proyectos ligados con energías renovables eólicos e hidroeléctricos, sin considerar aun el potencial energético solar que poseen. Es por esto, que es importante con esta investigación demostrar que existe este potencial y es posible su uso.

### 3.1.6 Reglamentación térmica

La norma de reglamentación térmica se implementó en el año 2000, a partir de una modificación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C), la cual fue definida bajo el programa de reglamentación térmica creado en el año 1994.

Esta modificación se basa en dos etapas en donde se establecen los requisitos de acondicionamiento térmico de las viviendas. En la primera etapa de la reglamentación se normaba la aislación térmica de techumbre. Posteriormente se implementó una segunda etapa en el año 2007 en donde se reglamentaba sobre la aislación de muros, pisos ventilados y superficie máxima de ventanas. Y en los próximos años se considera una tercera etapa, que consiste en implementar una certificación que evalúe energéticamente a las viviendas.



Imagen 20 Línea de tiempo Reglamentación térmica  
Fuente: Elaboración propia, 2016

La reglamentación térmica consiste en la exigencia de la máxima transmitancia térmica o mínima resistencia

térmica total para techumbre, muros, pisos ventilados y ventanas con la finalidad de disminuir las pérdidas de calor.



Imagen 21 Zonas Térmicas  
Fuente: Bustamante, 2009

Para esto, se establecen siete zonas térmicas, las cuales se definen según el criterio de Grados Día de Calefacción anual, estas estimaciones se hacen según el comportamiento climático de las diferentes regiones del país.

El concepto de Grados-Día (gd) de calefacción corresponde a los (gd) de calefacción del lugar en que se tienen las temperaturas medias diarias. Esto indica que los (gd) de calefacción están directamente relacionados con las demandas de energía que la vivienda requiere en el periodo considerado para lograr la temperatura interior base (Bustamante, 2009).

Para la estimar los (gd) se consideró como la temperatura base interior 15°C y se calculó viendo la diferencia para alcanzar el confort de 18 a 20°C. Además se debe considerar que hay ganancias internas aportadas por (personas,

electrodomésticos, iluminación artificial y otros) y ganancias solares.

Finalmente, este reglamento propone una serie de condiciones que deben cumplir los elementos que componen la envolvente de la vivienda, como transmitancia térmica (U) igual o menor o una resistencia térmica total (Rt), igual o superior a la que se estima por zona (techumbre, muros perimetrales, pisos ventilados y ventana)

Para el caso de la investigación es importante saber a qué zona pertenece la ciudad de Coyhaique y cuantos son los grados días necesarios. Como se investigó este pertenece a una Zona Térmica 7 y necesita más de 2000 grados días de calefacción:

Zona térmica	Grado día
1	$\leq 500$
2	$>500 - \leq 750$
3	$>750 - \leq 1000$
4	$>1000 - \leq 1250$
5	$>1250 - \leq 1500$
6	$>1500 - \leq 2000$
7	$>2000$

Tabla 5 cantidad de grados días según zona térmica  
Fuente: MInvu, 2006

Según el Artículo 4.1.10, todas las viviendas deberán cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico para los elementos de la envolvente como techumbres, muros y pisos ventilados. Una transmitancia térmica “U” igual o menor según lo que se detalla en la tabla 6.

Zona	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	U W/m2K	Rt m2K/W	U W/m2K	Rt m2K/W	U W/m2K	Rt m2K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Tabla 6 transmitancia térmica de techumbre, muros y pisos ventilados según zona térmica  
Fuente: MInvu, 2006

Para el caso de las ventanas, estas deben cumplir las siguientes exigencias (Tabla 7) según el tipo de vidrio que se especifique y a la zona térmica que pertenece el proyecto. Cumpliendo además, el porcentaje de superficie vidriada que se especifica para esta zona térmica.

Cabe destacar que para determinar el porcentaje máximo de superficie de ventanas de un proyecto, se debe determinar la superficie de los paramentos verticales de la envolvente, que corresponden a la suma de las superficies interiores de todos los muros perimetrales que considere la unidad habitacional, incluyendo los medianeros y muros divisorios. La superficie total de ventanas del proyecto, corresponde a la suma de la superficie de vanos del muro en el cual está colocada la ventana.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

Ventanas			
Zona	% Máximo de Superficie Vidriada Respecto a Parmetros Verticales de la Envolverte		
	Vidrio Monolitico (b)	DVH Doble Vidriado Hermético (c)	
		3.6W/m2K >U> 2.4W/m2K(a)	U < 2.4 W/m2K
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

Tabla 7 porcentaje máximo de superficie vidriada según zona térmica

Fuente: Minvu, 2006

Finalmente, el estudio de esta normativa se hace de vital importancia, debido a que se busca proveer las adecuadas condiciones de habitabilidad a los usuarios, colocando énfasis en el confort higrotermico, requerimiento básico para el desarrollo de las actividades humanas. Además, de ser muy importante en el desempeño de la viviendas, ya que logra disminuir considerablemente el uso de la energía y mejor la calidad de vida de las personas. Por otra parte, esta norma será de gran ayuda en el desarrollo de la investigación, ya que muchas de las estrategias para lograr la descontaminación radican en el mejoramiento de este punto en las viviendas.

### 3.1.7 Calificación Energética de Vivienda

A partir del gran consumo energético que tiene el parque residencial con un 26% del total y entendiendo que uno de los consumos que requiere mayor energía es la calefacción y agua sanitaria en una vivienda, nace en conjunto con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Ministerio de Energía, el sistema de Calificación Energética de Vivienda que tiene como objetivo introducir el concepto de eficiencia energética en el mercado inmobiliario. La idea es determinar la eficiencia energética a partir de una calificación que se hace a través de una evaluación y posterior etiquetado de la eficiencia energética que posee la vivienda.

Esta calificación es voluntaria, pero será obligatoria una vez cumplidas las etapas en marcha, lo que se estima que podría partir desde el 2016 (Minvu, 2014). Actualmente, no se tiene claro la fecha exacta, ya que el periodo estimado ya fue superado.

Este sistema evalúa el consumo energético de calefacción, iluminación y agua sanitaria en viviendas nuevas que tengan permiso de edificación posterior al año 2007 en la etapa de operación, para esto las viviendas cuentan con una etiqueta con colores y letras similares a los usados en refrigeradores y automóviles para clasificarlo energéticamente, estas letras van desde la A a la G. La letra E es la letra establecida por el artículo 4.1.10 de la OGUC como la que representa el estado actual de la

construcción de las viviendas y la G la menos eficiente.

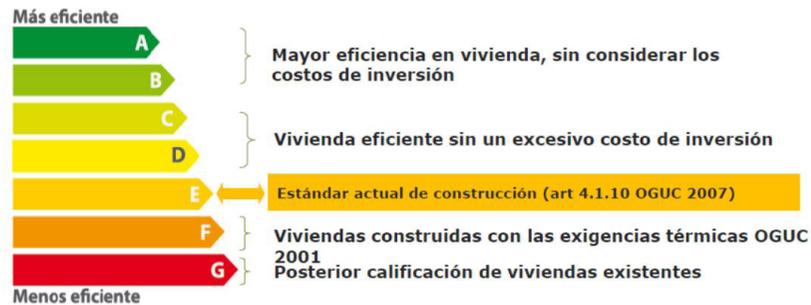


Imagen 22 Escala de Calificación CEV

Fuente: Minvu, 2015

Para saber la letra que obtiene la vivienda, esta se determina a través de un coeficiente “C” que corresponde al porcentaje de energía que requiere la vivienda evaluada respecto a la vivienda de referencia (Minvu, 2015), entendiendo la vivienda referencia como una vivienda idéntica pero que cumple con las exigencias mínimas de la reglamentación térmica y que utiliza por defecto gas licuado y equipos estándar para sus necesidades.

Letra	Zona térmica 1 y 2	Zona térmicas 3,4 y5	Zona térmicas 6 y 7
A	Menos del 30%	Menos del 40%	Menos del 55%
B	30 -39%	40-49%	55-64%
C	40- 54%	50-64%	65- 84%
D	55- 74%	65-84%	85- 94%
E	75 - 109%	85-109%	95 -109%
F	110 -134%	110- 134%	110-134 %
G	135 % y más	135 % y más	135 % y más

Tabla 8 Porcentaje en Arquitectura tipo

Fuente: Minvu, 2015

Dentro de la Calificación Energética de Vivienda se reconocen 3 actores importantes: la Entidad responsable que corresponde al MINVU - Ministerio de Energía quienes norman el sistema, la entidad administradora que administra la herramienta en este caso el MINVU y el ejecutor que verifica los antecedentes de la vivienda y emite la evaluación que corresponde al evaluador energético. Además existen dos tipos de calificación: Pre -calificación Energética que se obtiene con el permiso de edificación y la calificación Energética que se obtiene al tener la recepción municipal definitiva.

La creación de este sistema trajo consigo una serie de nuevos proyectos y leyes desde el 2010 al 2013 se creó la Ley 20.305 de Franquicia Tributaria para empresas constructoras y se realizaron 3 pilotos de instalación de sistemas solares térmicos en viviendas. A pesar que es más grande el parque de las viviendas existentes, este sistema apunta a intervenir el nuevo parque para no retroceder en lo avanzado.

Debido a esto, para viviendas existentes se crean subsidios para reducir los consumos: Subsidio de acondicionamiento térmico, subsidio de obras de innovación a la eficiencia energética y pilotos de 1500 sistemas solares térmicos.

Al año 2015 se registraron más de 20.000 viviendas evaluadas, dentro de estas 6000 pertenecen a viviendas sociales y las restante al parque privado.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

### 3.1.8 Calefacción sustentable: Recambio de calefactores

Esta es una de las recientes acciones proclamadas por el Ministerio de Medio Ambiente, quien en el año 2015 crea el programa de calefacción sustentable, el cual tiene el objetivo de cambiar el calefactor antiguo y más contaminante por uno nuevo y eficiente en las viviendas para disminuir las emisiones de material particulado producido por la combustión a leña, este recambio se lleva a cabo con un copago del 5% del valor del nuevo calefactor.

En el año 2016 se integra la publicación de una guía con artefactos que ayudan a generar una calefacción más sustentable para distintas ciudades con problemas ambientales por el uso excesivo de leña con el fin de disminuir el gasto destinado a esto y cuidar el medio ambiente. Las ciudades que actualmente presentan mayores problemas ambientales son Rancagua, Curicó, Talca, Chillan, Concepción, Los Ángeles, Temuco, Osorno, Valdivia y Coyhaique.

La guía expone los distintos tipos de calor que genera cada artefacto: como estufa a parafina, parafina con tiro forzado, electricidad, pellet de madera, leña, gas licuado y Split calefactor. A partir de esta explicación se determina que calefactor es el más adecuado para el tipo de vivienda, algunas recomendaciones para una mejor calefacción y finalmente los costos comparativos de los distintos artefactos.

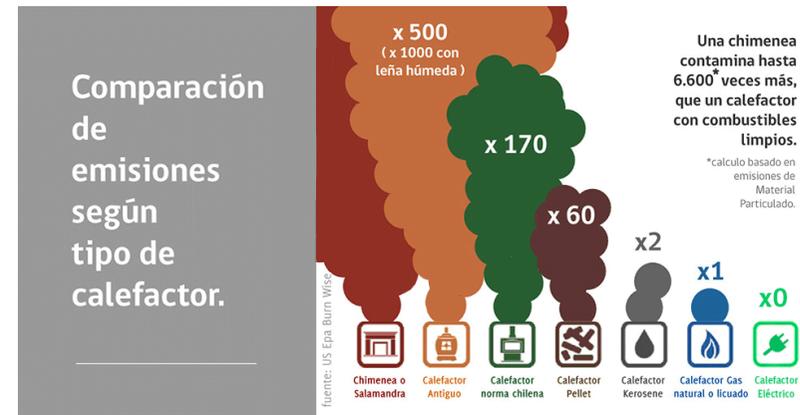


Imagen 23 Comparación de emisiones según calefactor  
Fuente: Calefacción Sustentable, 2016

Dentro del programa los pilares en que se centra la calefacción sustentable se basa en: la educación ambiental, calefactores que sean más eficientes y menos contaminantes, aislación térmica que ayude a disminuir los consumos en combustibles y la utilización de combustibles más limpios como la leña seca, pellet, kerosene, entre otros.

En el último tiempo, según este programa en la ciudad de Coyhaique se han realizado 10.000 recambios de artefactos que equivalen a un 43 %. Pero aún falta más de la mitad del parque total, ya que es una de las ciudades en donde menos se han realizados recambios en comparación con las otras. Sin embargo, a pesar de realizar el cambio de un artefacto antiguo que emitía 500 emisiones en comparación con el nuevo artefacto que emite 170, se produce una disminución considerable de las emisiones,

pero no se eliminan totalmente como si se haría si se ocupara un calefactor eléctrico que no tiene emisiones de material particulado.

PDA	Nº recambios	Parque Actual	% del parque recambio	Plazo Medida
O'Higgins	12.000	114.580	11%	10 años
Talca y Maule	13.000	35.114	37%	10 años
Los Ángeles	20.000	48.860	41%	8 años
Chillan y Chillan Viejo	20.000	49.176	40%	8 años
Temuco y PLC	27.000	74.440	36%	5 años
Osorno	25.000	49.756	50%	8 años
Valdivia	26.000	44.125	58%	8 años
Coyhaique	10.000	23.000	43%	10 años
Total	153.000	439.051	35%	

Tabla 9 Cantidad de recambios realizados en cada región Fuente: Programa de recambio MMA, 2016

## 3.2 CONCEPTOS BÁSICOS

En este subcapítulo se entregan todos los conceptos claves necesarios para entender la investigación que se enmarca en la problemática de contaminación ambiental en la ciudad de Coyhaique. Para este problema, se han planteado algunas soluciones como el uso de nuevas tecnologías a partir de energías limpias para calefacción como un método alternativo al tradicional, además de mejorar la habitabilidad y confort térmico al interior de las viviendas principal fuente de generación de contaminación por uso excesivo de leña. Todo esto, para entender la importancia que tiene la transformación de los barrios a barrios solares.

### 3.2.1 Radiación solar

Una constante solar es la radiación que llega a la superficie exterior de la atmosfera medida por metro cuadrado de superficie expuesta perpendicularmente a los rayos del sol. Esta energía es absorbida, reflejada y dispersada por las nubes y las moléculas que componen la atmosfera (MINENERGIA, 2016). Su valor se ha modificado a lo largo del tiempo y asume un valor promedio de 1367 W/m<sup>2</sup> que varía con las perturbaciones solares y con la mayor o menor distancia que entre el sol y la tierra (Neila, 2004).

Los datos registrados de radiación solar en todas las partes del mundo son valores promedios de radiación total,

diario, mensual y anual para una superficie horizontal (Sarmiento, 1995). Para el caso de la Región de Aysén hay un promedio de radiación solar de 2.603 kcal/ (m<sup>2</sup>/ día), muy parecido a las Décima región pero mayor que la región de Magallanes.

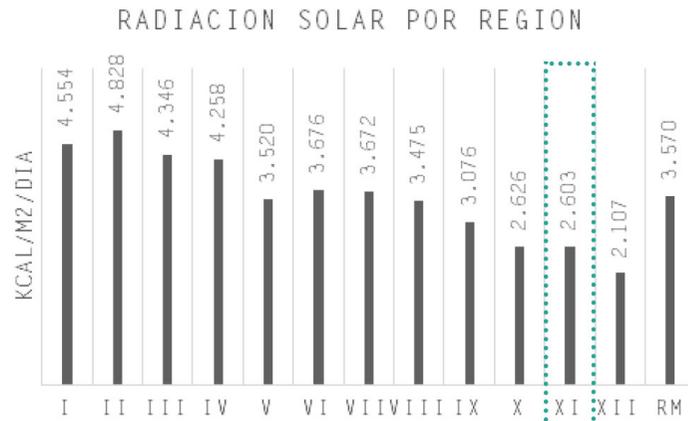


Imagen 24 Radiación solar por región  
Fuente: Fundación Chile, 2009

La radiación solar que incide sobre un cuerpo puede ser de dos tipos: difusa y directa.

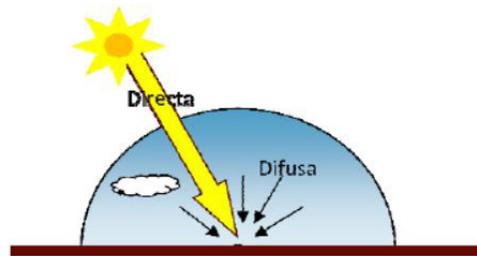


Imagen 25 Radiación directa y difusa  
Fuente: Ministerio de energía explorador solar, 2012

### 3.2.1.1 Radiación Difusa

La radiación difusa es aquella radiación que tiene un cambio en su dirección por reflexión y dispersión. En días nublados toda la radiación de la superficie terrestre es difusa en cambio en un día totalmente despejado siempre hay algo de radiación difusa y directa.

### 3.2.1.2 Radiación Directa

La radiación directa es parte de la radiación extraterrestre que atraviesa la atmósfera y llega directamente a la superficie de la tierra, sin haber sufrido ningún cambio de dirección.

Por otra parte, la irradiancia global horizontal (GHI) es la cantidad de radiación que recibe una superficie perpendicular al campo de gravedad de la Tierra y que va recibiendo en distintos ángulo la radiación directa del sol a través del día. La GHI es la suma de las componentes directa y difusa de la radiación.

En Chile, los resultados de la radiación global horizontal (GHI) depende del efecto de la nubosidad, ya que este puede alterar el valor de GHI en las zonas centro - sur y el centro costero del norte.

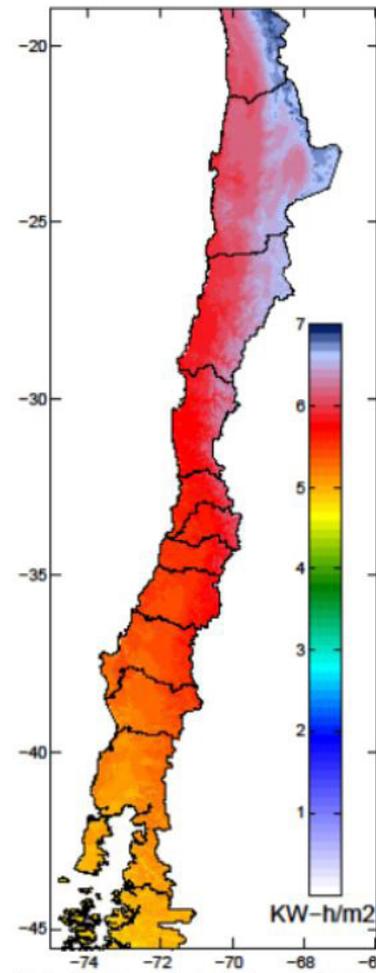
Cuando el efecto de nubosidad es incorporado según la posición de la geografía del país respecto de la distribución de las tormentas de latitudes medias, la GHI marca un cambio latitudinal y suaviza el efecto de los cambios de altura.

Uno de los principales componentes de la atmosfera que interactúa con la radiación solar son las nubes. Las nubes cubren gran cantidad de la superficie terrestre durante un día, en promedio un 70% de la superficie del planeta se encuentra cubierta por algún tipo de nubosidad. Por la composición y tamaño las nubes son capaces de reflejar y absorber la radiación incidente. La finalidad de estas, es enfriar la superficie del planeta y representar una cantidad sustancial del albedo total planetario.

La cantidad de radiación reflejada o absorbida por una nube depende del contenido de agua líquida o hielo que posea la nube en su interior y del tamaño de las gotas o cristales que la componen.

### 3.2.1.3 Espectro de radiación solar

El espectro del sol es la cantidad de radiación proveniente del sol para cada longitud de onda individual. Esta radiación no está repartida de manera homogénea en las distintas longitudes de onda, ya que está relacionada con la energía de cada fotón de luz, debido a que los fotones más energéticos son aquellos de menor longitud de onda.



La curva de Planck o curva de radiación de cuerpo negro es la curva que caracteriza la radiación a partir de la temperatura de un cuerpo negro. Esta curva no entrega información de que la mayor cantidad de radiación solar se encuentra en las longitudes de onda cercanas a los 0.5 m. Esto consiste en que la radiación solar observada concentra su máximo espectro en la llamada “banda visible” que va desde los 0.4 a 0.7m, en esa parte del espectro hay muy poca absorción atmosférica y por lo tanto la mayor parte de la radiación llega sin sufrir alteraciones a la superficie terrestre.

Imagen 26 Mapa de radiación global horizontal por cielo despejado

Fuente: Ministerio de energía explorador solar, 2012

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

sobre la Tierra, latitud, longitud y altitud.

### 3.2.2 Habitabilidad

En los proyectos arquitectónicos es importante mantener buenos parámetros de habitabilidad y confort térmico, debido a que son la base para mantener una vivienda saludable, es por esto que entender estos conceptos se hace de vital importancia. Habitabilidad según lo que expone la Real Academia Española es la “cualidad de habitable”, entendiéndose como el espacio utilizado por el usuario. En relación al término habitar este proviene del latín *Habitare* lo que significa “ocupar un lugar” o “vivir en él”. A partir de estas definiciones se puede entender que la habitabilidad tiene una finalidad esencial dentro de la arquitectura, ya que este término determina, guía y diferencia a la arquitectura de todas las otras artes del mundo.

En el contexto nacional la entidad del INVI ha definido la habitabilidad en las viviendas como el “nivel de comportamiento de ciertos factores y variables espaciales y psico-sociales observables, que aluden a la relación entre comunidad y su ambiente residencial.” (INVI, 2004)

Si entendemos que los espacios se definen cuando el hombre los habita, la habitabilidad se determina con un parámetro importante a considerar y como una tarea del quehacer del arquitecto, ya que la arquitectura no concibe sin el ser humano.

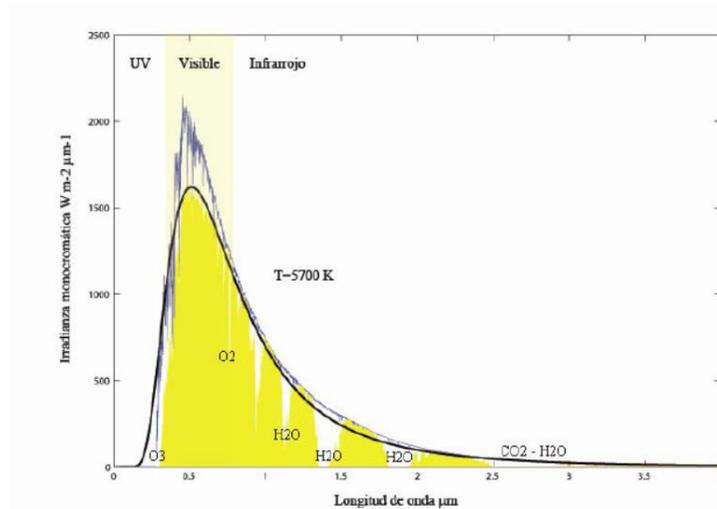


Imagen 27 Curva de Planck

Fuente: Ministerio de Energía, Explorador Solar, 2012

Para poder conocer los datos precisos sobre la radiación solar de un lugar, se hacen mediciones por un periodo de tiempo de 10 años, entendiéndolo como un año meteorológico de referencia. De esta manera se puede obtener las condiciones climáticas de una zona como la nubosidad, humedad ambiental, temperatura, contaminación y partículas suspendidas que afectan en la contaminación atmosférica.

El método para calcular la radiación solar se basa en las coordenadas solares, que indican la posición del sol. La cantidad de radiación solar depende de la posición relativa del sol con respecto a la superficie de la Tierra, del momento del año, hora y día y de la situación

Detrás del concepto de habitabilidad, se pueden encontrar espacios habitables como no habitables, las definiciones se obtienen en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en el título IV, Capítulo I “De las condiciones de habitabilidad”. El Artículo 4.1.1. señala: Las edificaciones o parte de ellas destinadas a vivienda, hospedaje, oficinas, y comercio, para esto se consideran:

1. Locales habitables: destinados a la permanencia de personas, tales como: dormitorios o habitaciones, comedores, salas de estar, oficinas, consultorios, salas de reunión y salas de venta.

2. Locales no habitables: destinados al tránsito o estadía esporádica de personas, tales como cuartos de baño, cocinas, salas de vestir, lavaderos, vestíbulos, galerías o pasillos.

### 3.2.3 Confort Térmico

Es necesario tomar conciencia de la importancia que puede tener el confort térmico dentro de las viviendas, ya que en la actualidad es indispensable disminuir la demanda energética y este es el punto atacar en la construcción. Es por esto que es importante, tener en consideración en la formulación de un proyecto las variables de calor, iluminación, soleamiento, ventilación, humedad y sonido, ya que son las fuentes naturales del confort que disminuyen el uso de los sistemas activos que traen

con consigo un gasto mayor de energía.

El confort térmico se define como la condición que busca alcanzar una sensación de comodidad o satisfacción por los usuarios de una vivienda (CDT, 2010). Por otra parte, la norma ISO 7730 define al confort térmico como “esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”, pero esta definición no considera los parámetros físicos que están directamente relacionados con el confort. Este concepto depende de varios factores tanto internos como externos entre ellos destaca la temperatura del aire, la temperatura de los materiales, humedad del aire y velocidad. Además de considerar que influyen las condiciones ambientales existentes y el metabolismo de las personas (37°C). Sin embargo, el confort del usuario a pesar de definir al confort como un estado de completo bienestar físico, mental y social, reconoce la intervención de una multitud de factores personales (respuesta a las sensaciones, expectativas para el momento y lugar considerados) y parámetros físicos (visuales, auditivos, térmicos, olfativos) (Gonzalo, 1998).

Existen diversos autores que han definido de distintas maneras el concepto de confort térmico, uno de los más destacado en la actualidad es Fanger, quien señala que dentro del confort térmico influyen la variables de nivel de actividad, característica de la vestimenta, temperatura seca, temperatura radiante media y velocidad del aire.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

El método de Fanger consiste en el cálculo del índice de “voto medio estimado”, con este voto se permite obtener la sensación térmica de un ambiente y el “porcentaje previsible de insatisfechos”, este porcentaje permite fijar el número de personas que no están satisfechas en ese ambiente.

El voto medio estimado (PMV) es muy importante en el caso de querer tener la percepción de los usuarios, esta herramienta se estructura a partir de una escala de 7 niveles de sensación térmica, basados en el equilibrio térmico del cuerpo humano. La escala de los 7 niveles es:

- +3 Muy caluroso
- +2 Caluroso
- +1 Ligeramente caluroso
- 0 Neutro
- 1 Ligeramente fresco
- 2 Fresco
- 3 Frío

Más atrás, en el siglo XX se plantean los primeros modelos relacionados al confort térmico que son la base para los fundamentos de la arquitectura y el urbanismo bioclimático. Uno de los primeros en hablar de balance térmico y modelo adaptativo es Víctor Olgyay (1963), quien señala que el diseño está asociado al clima principalmente en los espacios exteriores, a través del climograma de bienestar (Cárdenas et al, 2015).

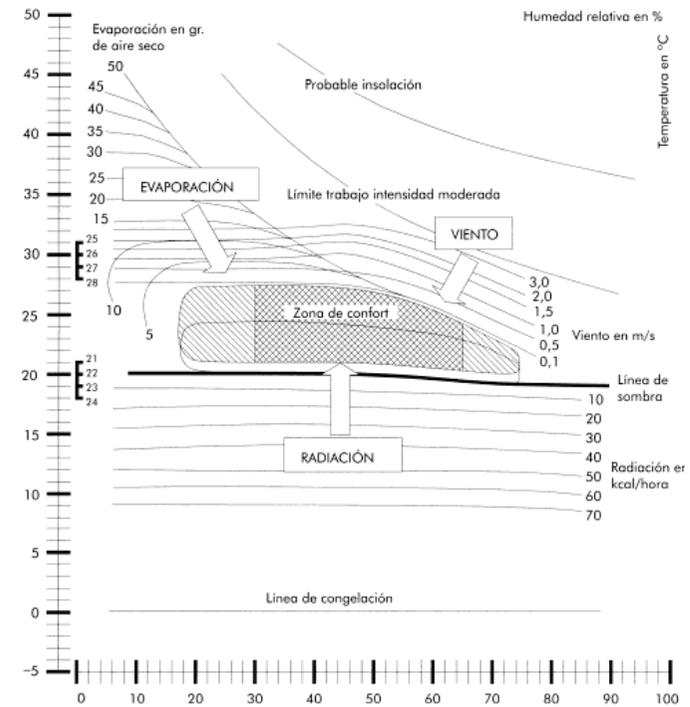


Imagen 28 Climograma de bienestar de Victor Olgyay 1963 Fuente: <https://ecosocialhouse.files.wordpress.com>, 2016

Este diagrama permite determinar los valores de los parámetros para situarse dentro de la zona de confort, la cual está definida por los límites de temperatura de bulbo seco y de humedad relativa.

Posteriormente, aparece el método de Baruch Givoni (1998) quien a través del diseño bioclimático crea el diagrama psicrométrico aplicado específicamente a espacios interiores.

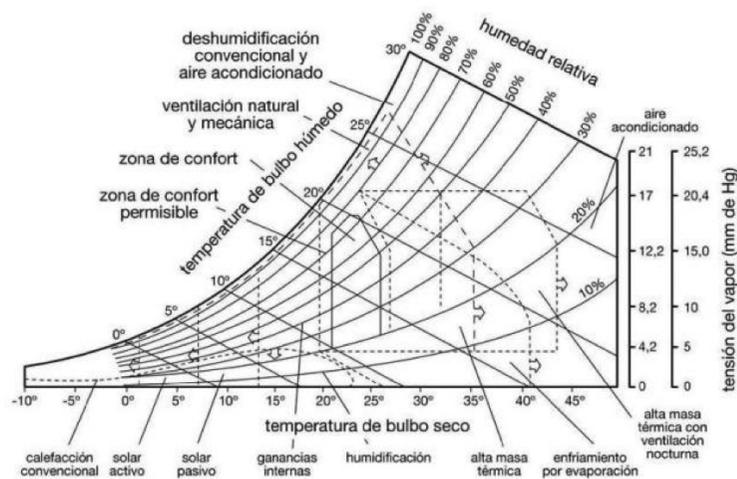


Imagen 29 Diagrama psicrométrico de Givoni  
Fuente: <https://pedrojhernandez.com>, 2016

El diagrama de Givoni consiste en que para una actividad dada y suponiendo que las personas se encuentran vestidas de manera razonable para las condiciones existentes, el confort térmico se logra al encontrarse al interior de una “Zona de Confort”.

Givoni determina esta zona de confort, señalando que para la época de verano la temperatura máxima aceptada es de alrededor de 27 °C con una humedad relativa entre 20 - 50%. Para invierno determina que la temperatura mínima considerada es de 17°C con una humedad relativa entre 30 -80 %.

Es por esto, que se definió para países desarrollados una temperatura de confort cercana a los 20°C. Según el

reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITE), normativa que determina las condiciones interiores de bienestar térmico basadas en índices de bienestar más complejos que la simple temperatura. Como temperaturas para verano e invierno las siguientes.

Estación	T° operativa (°C)	Velocidad media del aire (m/s)	Humedad relativa (%)
Verano	23 - 25	0.18 - 0.24	40 - 60
Invierno	20 - 23	0.15 - 0.20	40 - 60

Tabla 10 condiciones de diseño interior  
Fuente: Neila, 2004

La normativa ISO difiere un poco al RITE y propone temperaturas similares, pero se dan rangos más específicos con velocidad del viento y humedad relativa.

Estación	T° operativa (°C)	Velocidad media del aire (m/s)	Humedad relativa (%)
Verano	23 - 26	0.14	45
Invierno	20 - 24	0.25	65

Tabla 11 Rango de temperatura ideal  
Fuente: ISO 7730

Estas condiciones son para un tipo de edificación convencional, aislada y con un porcentaje de acristalamiento no muy alto.

Por otra parte, en el siglo XXI se realizan modificaciones a los modelos antes señalados, dando inicio a una nueva

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

propuesta de Javier Neila, modelo en donde se juntan ambas herramientas, a través del Climograma de Bienestar Adaptado CBA, el cual busca encontrar el índice térmico (Cárdenas et al, 2015).

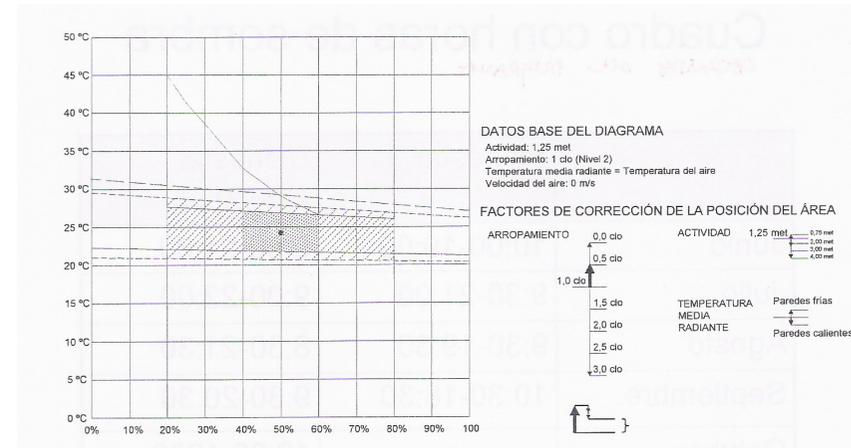
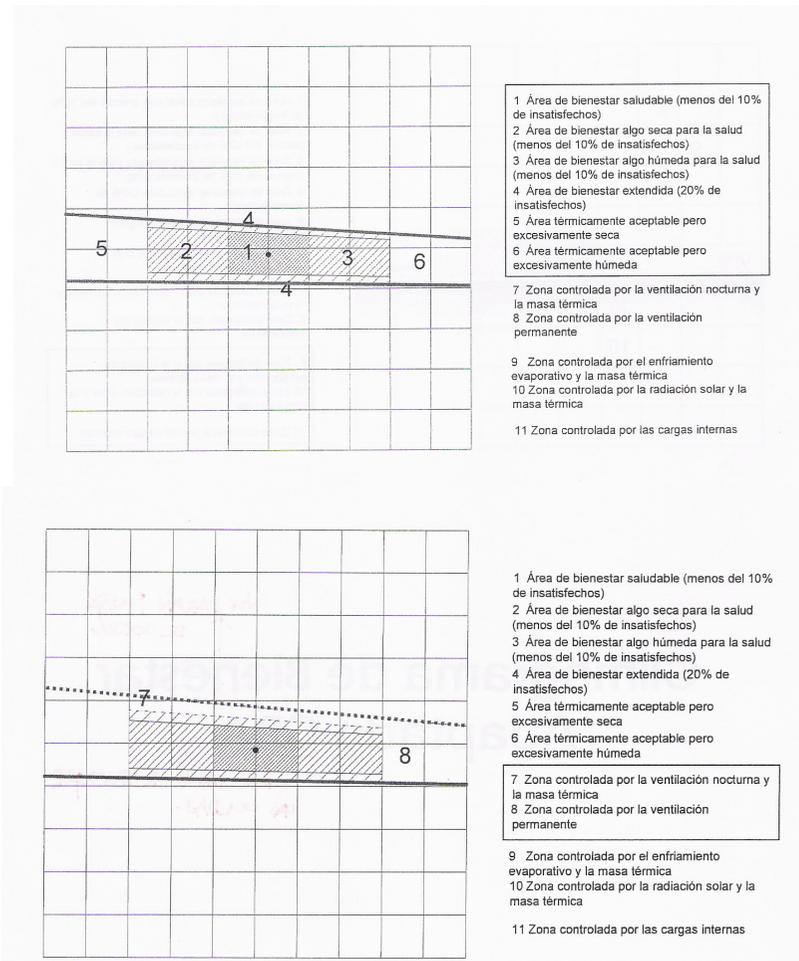


Imagen 30 Climograma de Bienestar Adaptado y factores de corrección de la posición del área.

Fuente: <https://sites.google.com>, 2016

El CBA consiste en un compendio entre la estructura de Olgyay y las estrategias de Givoni, que amplía las estrategias de bienestar higrotermico en base a experimentación. Este diagrama ayuda a formular estrategias de diseño bioclimático para lograr el confort térmico y la reducción de la demanda energética. Es por esto, que en este diagrama se muestran todas las áreas creadas, las que tienen mayor o menor relación con el bienestar, indicando las estrategias más apropiadas para emplear para alcanzar el confort térmico.

Luego, se construyó el diagrama psicrometrico de ASHRAE standard, un diagrama que relaciona actividades metabólicas y ropa aislante. Quien considera factores ambientales térmicos de espacios interiores y factores personales aceptables para todas las personas. Para

esto, se define una actividad metabólica entre 1.0 met a 1.3 met y un arropamiento entre 0.5 clo y 1.0 clo. A pesar, que este estándar nace en Estados Unidos, se puede determinar como un estándar internacional aplicable a edificios para el estudio del acondicionamiento climático mecánico (Cárdenas et al, 2015).

PMV sobrestima la situación de disconfort estando en márgenes no aceptables (Cárdenas et al, 2015).

Finalmente el problema que surge por la búsqueda del confort térmico, es que muchas veces se deben suplir las necesidades de calefacción y refrigeración a través de sistemas activos que traen una demanda energética, debido a que la arquitectura no responde adecuadamente a estas necesidades. La solución a esta problemática es abordar los proyectos con mejores diseños y que se adapte al entorno en que se están construyendo.

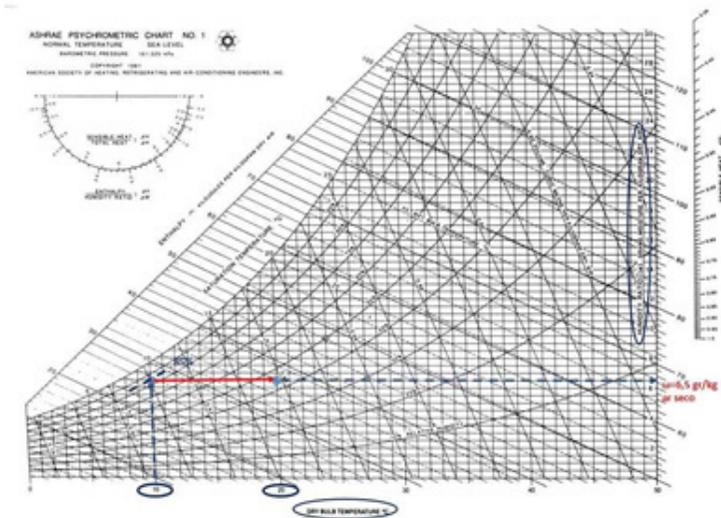


Imagen 31 Diagrama psicrometrico de ASHRAE standard con posición del área de bienestar  
Fuente: ASHrae, 2004

Una de las principales críticas que se le hace al diagrama de ASHRAE es la falta de confiabilidad de su aplicación en condiciones de la vida diaria, las cuales son muy distintas a las condiciones ambientales que entrega un laboratorio. Es por esto, que se dice que el índice de

### 3.2.4 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se define como la presencia de una o más sustancias en la atmosfera provocadas directa o indirectamente por el hombre en cantidades tales que afectan adversamente a los seres humanos, animales, vegetales o materiales (Sandoval L et al., 1993) y provocando impactos negativos en el medio ambiente. Según esta definición, este concepto está ligado directamente con los conocimientos de la época, ya que depende de la cantidad de contaminantes que hay en la atmosfera, los cuales van cambiando dependiendo del tiempo por ejemplo en los últimos años la cantidad de partículas en la atmosfera ha aumentado considerablemente.

Muchos de los contaminantes son dañinos para el ser humano pero se siguen inyectando a la atmosfera por temas políticos y económicos. Es por esto, que el gobierno tiene

la obligación de enfrentar los problemas ambientales e incorporar medidas de control que sean necesarias para poder solucionarlos (Sandoval L et al., 1993).

Las principales fuentes de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión de industrias y vehículos. Además la calefacción residencial, que genera dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes.

Dentro de la contaminación se presentan dos tipos de contaminantes primarios y secundarios que se definen a continuación:

a) Contaminantes primarios: son los que se emiten directamente a la atmósfera como el dióxido de azufre  $\text{SO}_2$ , que daña directamente la vegetación e irrita los pulmones

b) Contaminantes secundarios: son aquellos que se forman mediante procesos químicos atmosféricos que actúan sobre los contaminantes primarios. Son importantes contaminantes secundarios el ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , que se forma por la oxidación del  $\text{SO}_2$ , el dióxido de nitrógeno  $\text{NO}_2$ , que se forma al oxidarse el contaminante primario  $\text{NO}$  y el ozono,  $\text{O}_3$ , que se forma a partir del oxígeno  $\text{O}_2$ .

La contaminación del aire se da principalmente por contaminantes gaseosos como el dióxido de carbono, el

monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Muchas fuentes producen estos compuestos químicos pero la principal fuente es la quema de combustibles fósiles, que aumenta la producción de los gases del efecto invernadero.

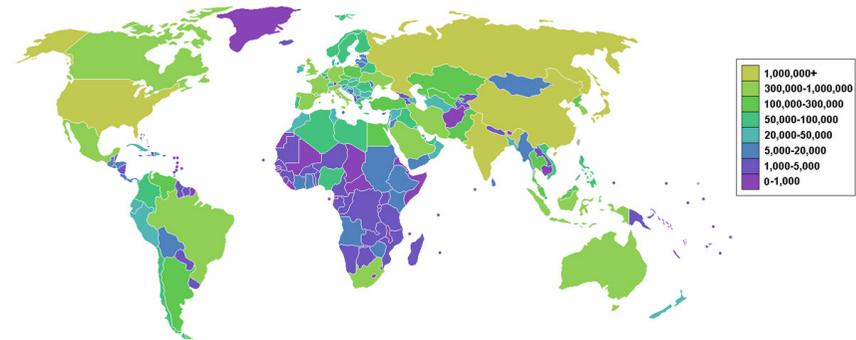


Imagen 32 Emisión de dióxido de carbono por país en millones de toneladas  
Fuente: Wikipedia, 2016

Además de los procesos industriales, el humo de las fábricas y vehículos uno de los aspectos urbanos que ayudan el efecto de la contaminación es la presencia de la ciudad, ya que modifica las condiciones atmosféricas naturales del lugar. Las construcciones alteran la rugosidad de la superficie, la humedad del suelo y el balance térmico en la superficie, lo cual trae consigo una capa atmosférica urbana que suele ser más seca y cálida que el entorno (Ulriksen, 1993), lo que ha provocado el aumento de las temperaturas en las ciudades, este fenómeno también se llama isla de calor.

Por otra parte, la contaminación también puede ser producida por muchos otros factores por ejemplo producto del hombre, el humo del tabaco, el uso de algunos materiales de construcción y algunos productos de limpieza que poseen altas cantidades de contaminantes llamados clorofluorocarbono. Otras son causas naturales, como lo son los gases contaminantes producidos por la actividad de los volcanes, el metano emitido por la digestión de los seres vivos y el gas radón producido por la desintegración de radiactiva de la corteza terrestre. El efecto más común conocido de la contaminación es la nube toxica llamada smog.

Las consecuencias más importantes que produce la contaminación en la atmosfera son los efectos climáticos, el efecto invernadero que evita que una parte del calor recibido desde el sol deje la atmósfera y vuelva al espacio, el daño a la capa de ozono que produce altos niveles de radiación UV en la tierra y las enfermedades respiratorias en los seres humanos.

#### 3.2.4.1 Contexto nacional

La contaminación atmosférica es el principal desafío ambiental para las autoridades en Chile, debido a que más de 10 millones de personas en el país están expuestas a una concentración promedio anual superior a la norma de MP2, 5. Es por esto que, la contaminación atmosférica es responsable de al menos 4 mil muertes prematuras a nivel nacional (MMA, 2013).

En Chile, se encuentran vigentes normas primarias de calidad ambiental que regulan la concentración de los contaminantes del aire nocivos para la salud. Estas normas regulan las concentraciones máximas respecto al material particulado (MP10 y MP2, 5), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>), Monóxido de Carbono (CO) y Plomo (Pb).

Actualmente se mide en más de 25 ciudades la concentración de los gases antes mencionados. Sin embargo, se presenta un nuevo desafío en las ciudades hacia el sur, ya que las concentraciones de contaminación aumentan en la medida que las ciudades crecen en tamaño. Hoy en día, en el país se están desarrollando planes de descontaminación, pero a pesar de ello la calidad del aire monitoreado en las estaciones supera los niveles establecidos en las normas especialmente en lo que respecta al MP2, 5<sup>1</sup>.

Es por esto que, asociado a planes de descontaminación y prevención se han declarado zonas saturadas<sup>2</sup> o latentes<sup>3</sup>. En el año 1992 se comienzan a gestar los planes de descontaminación con el objetivo de reducir la concentración de emisiones en las zonas saturadas o latentes de manera de cumplir con la normativa de calidad del aire. El primer plan desarrollado corresponde al de Puchuncaví y Quintero (MMA, 2014).

Chile cuenta con 10 planes de descontaminación a la

1 MP2.5: Material particulado menor a 2,5 µm

2 Zona saturada: Aquella en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas

3 Zona latente: Aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

fecha, cinco de ellos se encuentran en la zona norte, cuatro se concentran en la zona central y uno en la región de la Araucanía. Sin embargo, la zona sur muestra importantes problemas de contaminación debido a que cada día aumentan más las ciudades que presentan problemas de contaminación. Es por esto, que se contemplan 14 nuevos planes de descontaminación para el período 2014-2018, los cuales incluyen las comunas de Huasco, Andacollo, Puchuncaví y Quintero, Región Metropolitana de Santiago, Curicó y Teno, Talca y Maule, Chillán y Chillán Viejo, Gran Concepción (10 comunas), Los Ángeles, Temuco y Padre Las Casas, Valdivia, Osorno y Coyhaique, desarrollándose para este último planes para material particulado MP2, 5 y MP10 (MMA, 2014).

Plan	Región	Tipo	Leña
Ventanas	Valparaíso	Fuente	
Hernán Videla Lira	Atacama	Fuente	
Potrerrillos	Atacama	Fuente	
Caletones	O'Higgins	Fuente	
María Elena y Pedro de Valdivia	Antofagasta	Fuente	
Chuquicamata	Antofagasta	Fuente	
Tocopilla	Antofagasta	Urbano	
Región Metropolitana	RM	Urbano	Si
Valle Central	O'Higgins	Urbano	Si
Andacollo	Coquimbo	Urbano	
Temuco y Padre Las Casas	Araucanía	Urbano	Si
Talca y Maule	Maule	Urbano	Si
Chillán y Chillán Viejo	Biobío	Urbano	Si
Osorno	Los Lagos	Urbano	Si
Coyhaique	Aysén	Urbano	Si

Tabla 12 Planes de descontaminación en relación a leña  
Fuente: CEDEUS, 2016

Dentro de los planes de contaminación que se han desarrollado y se están desarrollando se puede apreciar que hay planes de descontaminación que contemplan estrategias para la leña y otros que no. Para el caso del plan de descontaminación de Coyhaique si considera la leña, por lo que se hace hincapié en la venta de leña seca y prohibición de uso de artefactos.

Según el Artículo 15.- *A partir del 1º de enero de 2019, se prohíbe en la zona saturada, el uso de leña en calefactores, salamandras, calefactor de cámara simple y hechizo, o cocinas, que no cumplan los requerimientos técnicos de la Norma NCh2907, de acuerdo a la especificación “leña seca” establecida en la tabla 1 de dicha Norma, la cual define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base.* (Plan de Coyhaique)

Como se indica en el decreto de declaración de zona saturada, muchos de los problemas de contaminación en las ciudades del sur tienen directa relación con la calefacción de las viviendas.

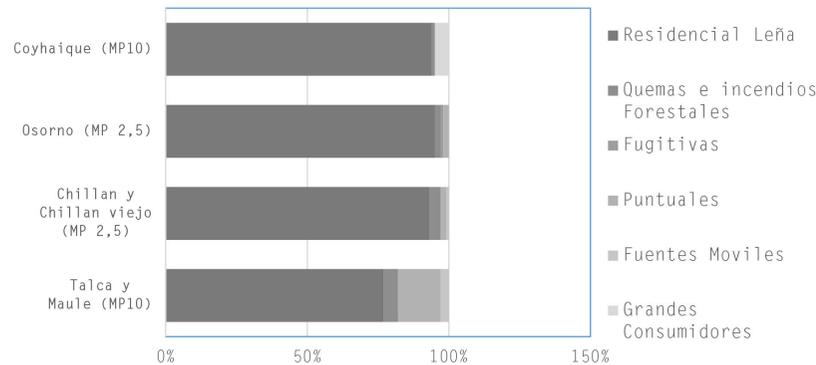


Imagen 33 Fuentes principales de contaminación en el Sur Fuente: MMA, 2016

Finalmente, de las 43 estaciones que se encuentran en monitoreo de partículas de MP2,5. 29 de ellas se encuentran por sobre la norma primaria anual (20 µg/

m3), destacando las dos estaciones de Coyhaique, que exhiben la mayor concentración de MP2, 5 y 28 estaciones sobrepasaron el límite normativo anual del MP10 (50 µg/m3). (MMA, 2015).



Imagen 34 Avance de estrategias de plan de descontaminación Coyhaique Fuente: PUC, 2016

### 3.2.5 Barrio solar

Barrio solar es aquel barrio que se transforma por la adopción de nuevas medidas urbanas y arquitectónicas, perteneciente a una ciudad consolidada pero que presenta importantes deficiencias en materia de eficiencia energética y gran contaminación ambiental. La transformación de este barrio tiene como objetivo reducir el consumo de energías contaminantes e incentivar la generación de energías limpias mediante energías renovables como solares para las actividades y sus necesidades básicas (Cárdenas et al, 2015).

Las características que debe presentar un barrio solar son: tener un consumo energético responsable para las actividades y desplazamientos, crear conciencia en la población sobre el ahorro de combustibles contaminantes, fomentar el uso de espacios públicos que favorezcan las

relaciones sociales y la cohesión de la comunidad, además de acondicionar los espacios exteriores con sistemas pasivos reduciendo la demanda. Tomar medidas en las edificaciones de acondicionamiento pasivo, entendiendo cómo funcionan los espacios y las fachadas de acuerdo a los recursos naturales que el lugar le entrega y finalmente ayudar a la generación de energía solar para sus propios consumos (Cárdenas et al, 2015).

Los barrios solares buscan en el sol una fuente infinita renovable de energía, que no contamina y ayuda acercarse a los ecosistemas naturales para mejorar su sostenibilidad y finalmente cerrar el ciclo de energía del ecosistema urbano.

Un barrio solar presenta variados beneficios dentro de ellos están:

#### 3.2.5.1 Reducir las emisiones de CO2

Los barrios solares se constituyen de casas con diseño de bajo consumo energético, con nula emisión de carbón, pasivas, entre otras. Estas viviendas tienen el objetivo de buscar el mismo confort que una vivienda convencional pero con energías que tengan menos contaminantes, ya que son una buena forma para poder disminuir las emisiones de CO2.

A partir de un conceso internacional firmado por una gran cantidad de países con el objetivo de reducir las emisiones de CO2, nace una nueva clasificación de

viviendas. Entendiendo que la contaminación ambiental se gesta a partir de partículas de CO2 en las zonas urbanas que una vez emitida es muy difícil eliminarla. El CO2 se produce por las actividades del transporte, calefacción, industrias y refrigeración de un inmueble, provocando el efecto invernadero.

Esta clasificación de viviendas es (Cárdenas et al, 2015).

**a) Casas de emisión nula de carbón:** produce menos emisiones de CO2 en su uso, excluyendo las emisiones provocadas por la fabricación, el transporte, la construcción o la demolición del inmueble.

**b) Casas con bajo consumo energético:** consume menor energía que la especificada en el código técnico.

**c) Casas pasivas:** es una vivienda bioclimática que reduce la demanda de calefacción y refrigeración. El total de la energía primaria consumida no debe ser mayor a 120 kWh/m2 al año y las pérdidas de calor deben ser inferiores a 15 kWh/m2.

**d) Casas de energía positiva:** generan durante la construcción y puesta en marcha más energía que la que consumen.

**e) Casas de energía neta nula:** durante su uso cotidiano no consumen energía contaminante.

Debido a lo anterior, es que en Chile para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> se han planteado varios planes como la Estrategia Nacional de Descontaminación Atmosférica y la Política de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente.

### 3.2.5.2 Incrementar el uso de Energías Renovables

En las ciudades que tienen un consumo energético mayor para el uso de sus necesidades, el barrio solar ayuda a aumentar la generación de energías renovables y limpias. Pero hoy en día, ninguna de las ciudades posee una tecnología solar importante, por lo tanto se ve como una futura línea de acción (Cárdenas et al, 2015).

La energía solar puede ser aprovechada de dos métodos importantes:

**a) Energía Solar térmica:** se utiliza la radiación solar para calentar un fluido que de acuerdo la condición de su temperatura puede producir agua caliente o vapor.

**b) Energía Solar fotovoltaica:** transforma directamente la energía solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico de las células solares.

### 3.2.5.3 Incentivar la Ciudad Sostenible

Los beneficios que puede tener un barrio solar son ambientales, sociales y económicos, ya que dentro de las

ciudades sostenibles ayudan a mejorar la calidad de vida de las personas. Es por esto, que es importante entender que la transformación de los barrios a barrios solares puede hacer variadas modificaciones en la forma de ver las ciudades.

Dentro de estos beneficios se pueden enumerar algunos de los más importantes (Cárdenas et al, 2015):

#### **a) Ambientales:**

- Para ayudar a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, privilegiar el uso de energía solar como una fuente inagotable y que no produce residuos.

- Al instalar un colector solar de 2m<sup>2</sup> en una vivienda unifamiliar, este ayuda a reducir 2 toneladas de CO<sub>2</sub> anual.

- Mayor reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que un barrio convencional

#### **b) Energéticas**

Se disminuye la demanda energética y económica exterior, a través del uso de energía térmica y fotovoltaica

#### **c) Económicas**

- El desarrollo de la energía solar ayuda al progreso de nuevas tecnologías locales, aumentando los puestos de trabajos.

- Para la incorporación de energía solar se debe considerar el costo de las instalaciones contrastando el desembolso inicial con el ahorro a medio y largo plazo que generan estas (considerando un mínimo de vida útil de 30 años).

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

#### d) Sociales

-La transformación de un barrio a uno solar trae ventajas y costos que deben ser informados a los vecinos. Para esto es necesario crear mecanismos para beneficiar la toma de decisiones vecinales, gestionar las posibles ayudas estatales o locales y mantener las instalaciones que ayudan a fortalecer la cohesión social entre vecinos.

Finalmente, con el estudio de las políticas, normativas y conceptos claves queda en evidencia porque es tan importante generar un cambio en la manera de ver las ciudades y las problemáticas que estás las enmarcan, ya que modificando los patrones de usos de las ciudades o barrios se puede mejorar la calidad de vida de los habitantes.

### 3.2.6 Referentes internacionales y nacionales

En este subcapítulo se presentan referentes a nivel mundial de casos en donde se incorpora la utilización de energías limpias y estrategias de sustentabilidad. Los referentes se encuentran en latitudes similares a las que presenta Chile y específicamente de Coyhaique, para mostrar los potenciales a desarrollar en este lugar.

#### 3.2.6.1. Proyecto aldea en Freiburg

Este proyecto se realiza en el año 2006 sobre un antiguo cuartel. La idea es construir sobre este terreno de 42 hectáreas un nuevo barrio residencial de Vauban que

albergue 5.000 habitantes respondiendo a las necesidades ecológicas, sociales, económicas y culturales de la sociedad.

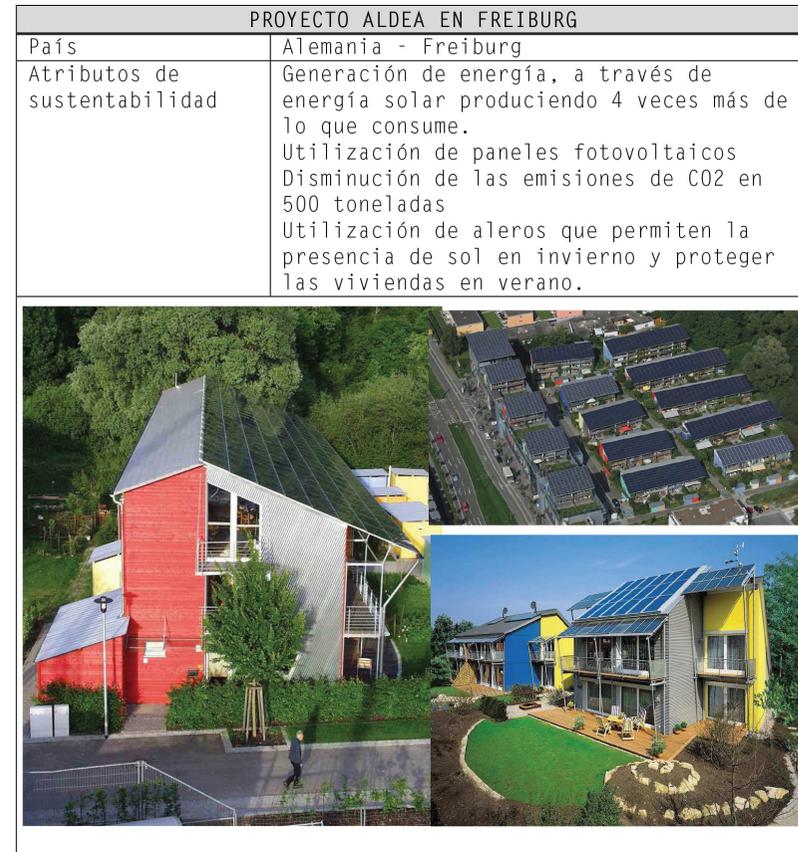


Imagen 35 Proyecto de Freiburg  
Fuente: <http://ecoinventos.com/>, 2016

### 3.6.2.2 Proyecto barrio Hammarby Sjöstad

Este proyecto empezó a construirse en el año 1993 en una zona industrial y portuaria de Estocolmo, con esta idea se quiere mejorar este sector de la ciudad con zonas verdes y edificios eficientes, para recibir a 25.000 residentes en 10.000 departamentos.

PROYECTO BARRIO HAMMARBY SJÖSTAD	
País	Suecia - Estocolmo
Atributos de sustentabilidad	Separación de basura Reutilización de aguas servidas como combustible para autobuses del barrio y cocinas Reutilización de aguas Utilización de paneles solares para necesidades básicas de agua caliente y electricidad Utilización de transporte público que funcionan con biogás
	

Imagen 36 Proyecto Hammarby Sjostad  
Fuente: <http://www.elblogalternativo.com>, 2016

### 3.6.2.3. Proyecto barrio solar de Tesla

A las afueras de Melbourne en un suburbio se construye el primer barrio desconectado totalmente de la red eléctrica para emplazar 2500 viviendas que están equipadas con dispositivos eléctricos e iluminación con paneles solares conectados a batería Tesla.

PROYECTO BARRIO SOLAR DE TESLA	
País	Australia - Melbourne
Atributos de sustentabilidad	Utilización de energía solar para abastecer sus necesidades Reducción de los residuos en un 80 % Reducción de agua en un 43% Utilización de automóviles eléctricos Construcción de ciclo vías
	

Imagen 37 Proyecto barrio solar de Tesla  
Fuente: <http://www.vidapositiva.com/>, 201

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

### 3.6.2.4 Proyecto barrio solar en Salta

En 1996 nace la idea de crear viviendas ecológicas que respondieran a las características geográficas y sociales del lugar. Además de que este barrio fuera la solución a la crisis del tabaco que había en ese tiempo en Salta, creando viviendas que albergara trabajadores que no podían acceder a su vivienda propia. Para esto se construyen 60 viviendas con adobe de 102 m<sup>2</sup> cada una.

PROYECTO BARRIO SOLAR EN SALTA	
País	Argentina - Salta
Atributos de sustentabilidad	<p>Construcción de viviendas de adobes</p> <p>Creación de espacios exteriores para huertas</p> <p>Utilización de paneles solares que abastecen de electricidad y agua caliente</p> <p>Utilización de estrategias bioclimáticas para calefacción: uso de piedra laja negra en el suelo para crear un efecto invernadero con la radiación solar y construcción de muros falsos (dos puertas) de color negro como sistema de calefacción y refrigeración</p>
	

Imagen 38 Proyecto barrio solar en Salta  
Fuente: <http://www.revistacabal.coop>, 2016

### 3.6.2.5 Proyecto vivienda bioclimática Puerto Williams

Este proyecto nace bajo la idea de construir un conjunto de viviendas orientado a la integración social y morfología del lugar para generar una construcción integral en el borde sur de la ciudad, que aún no ha sido consolidado.

PROYECTO VIVIENDA BIOCLIMATICA PUERTO WILLIAMS	
País	Chile - Puerto Williams
Atributos de sustentabilidad	<p>Orientación de las fachadas Norte ( estar, dormitorios y comedor) para obtener mayor captación de sol</p> <p>Diseño de una vivienda compacta con bajo coeficiente de forma</p> <p>Utilización al máximo de la energía solar, con planos sin obstrucciones</p> <p>Reducción de la demanda a través de aislación térmica y uso de ventanas termo paneles</p> <p>Proyección de un invernadero como un espacio de transición.</p>
	

Imagen 39 Proyecto vivienda bioclimática Puerto Williams  
Fuente: Minvu & políticas públicas UC, 2016



CAPITULO 4

CONTEXTO LOCAL

## CONTEXTO LOCAL

En este subcapítulo se explican todos los factores urbanos, arquitectónicos y naturales que pueden influir en el contexto en que se desarrolla la ciudad de Coyhaique.

### 4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La comuna de Coyhaique perteneciente a la Región de Aysén corresponde al mayor centro urbano de la Región, en donde se concentra una gran cantidad de servicios y equipamientos. Se ubica en los 45°34' 0" Y 72°4' S, y posee una superficie de 7320 km que representa el 7.1 % del área total de la región. Limita al Norte con la Comuna de Lago Verde y la Comuna de Cisnes, al Oeste con la comuna de Aysén, al Este con la Republica Argentina y al Sur con la Comuna de Río Ibáñez (PLADECO, 2016).

Coyhaique en el idioma tehuelche está compuesta de koi, sinónimo de laguna, y aikén, paradero o campamento, se encuentra localizado en el piedmont de la Cordillera de los Andes, rodeado por los ríos Coyhaique y Simpson.

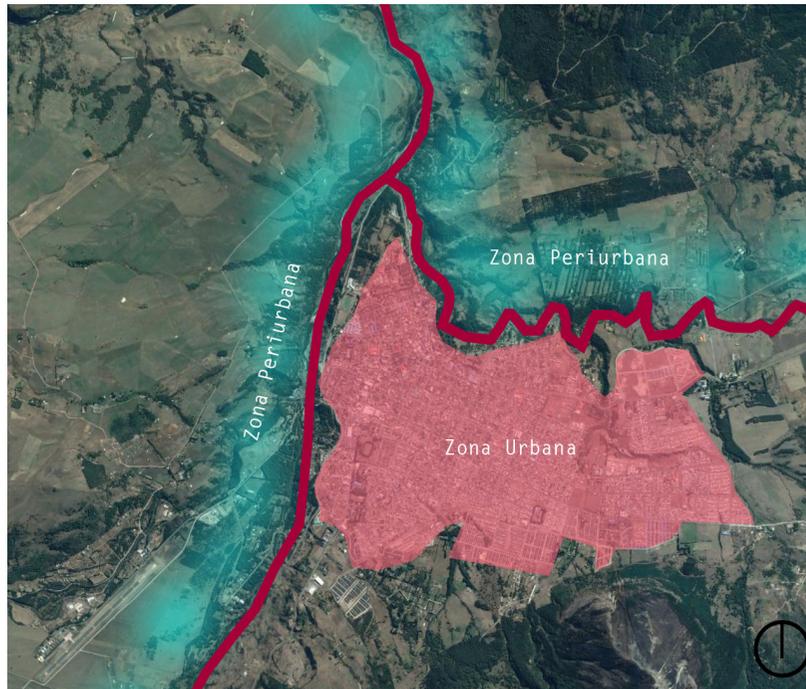


Imagen 40 Macrozona de Coyhaique  
Fuente: Elaboración propia google earth, 2016

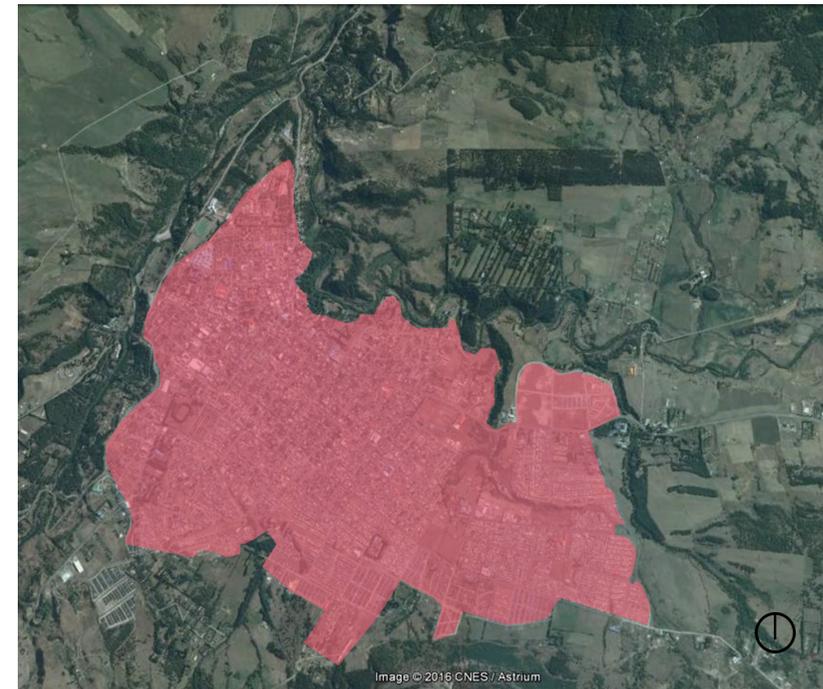


Imagen 41 Área consolidada de la ciudad de Coyhaique  
Fuente: Google Earth, 2016

#### 4.1.1 Límites geográficos

La ciudad se encuentra rodeada por cordones montañosos y dos ríos - Simpson y Coyhaique - que son límites naturales de la zona urbana y limitan el crecimiento de la ciudad. En la zona periurbana su crecimiento corresponde al borde del río y bordes montañosos, cuyos suelos son destinados a actividades productivas.

El territorio está conformado por tres tipos de relieves, dispuestos en fajas norte - sur. Desde el oeste se encuentra la cordillera andina cuyas cumbres separan la ciudad de la comuna de Aysén, la segunda constituye los cordones subandinos orientales que se disponen en sentido Oeste - Este. Los más importantes son: la Cordillera

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

del Castillo, el cordón Divisorio, el Cordón de las Estatuas y la Cordillera del Catedral; estos dos elementos, cordones y valles dan origen al paisaje característico de la zona de transición, con lagos y valles que miran hacia el este. El tercer relieve corresponde a la Estepa Patagónica, zonas de pampas con cierta elevación que están en forma discontinua en la frontera con Argentina. La presencia de caudalosos ríos como el Simpson, Ñirehuao y la Paloma son buenos para la práctica de pesca deportiva y el río Coyhaique se presenta como una buena opción para practicar kayak.



Imagen 42 Límites urbanos ciudad de Coyhaique  
Fuente: Elaboración propia google earth, 2016

### 4.1.2 Población

La población de la región de Aysén son 106.885 y la población de Coyhaique alcanza los 59.221 habitantes al 2012 (INE, 2012). Coyhaique acoge al 54,7% de la población regional total. La población urbana asciende al 90,9% y la población rural, al 9,10%. (SUDDERE, 2016). La población estimada para el 2022 es de 65.350 habitantes (Gobierno Regional de Aysén, 2012)

Censo	Población
1982	29.163
1992	44.674
2002	52.655
2012	59.221

Tabla 13 Números de habitantes por censo  
Fuente: INE, 2012

Año	Población
1990	42.855
1995	47.372
2000	51.278
2005	54.705
2010	58.014
2015	61.020
2020	63.598
% Crecimiento 1990 -2020	48.4%

Tabla 14 Tabla de proyección anual de la población Fuente:  
Pladeco, 2013

La población según sexo al año 2012 presenta una mayor cantidad de habitantes de género masculino con 30.109 y una menor población femenina con 29.112. Esta condición se repite a nivel regional pero contraria a lo que pasa a nivel país. La mayor población según grupo etario es la que va de 0 a 14 años con 14.803, seguida por el rango de edad de 15 a 29 años y la con menor cantidad es la de tercera edad con 4.258 habitantes que van desde los 65 a más años (INE, 2012).

Dentro de la ciudad de Coyhaique, la población que pertenece a una etnia es principalmente mapuche con 14.194 al año 2009, pero hay un gran porcentaje de personas que pertenecen a otras etnias.

Piramide de población comuna de Coyhaique

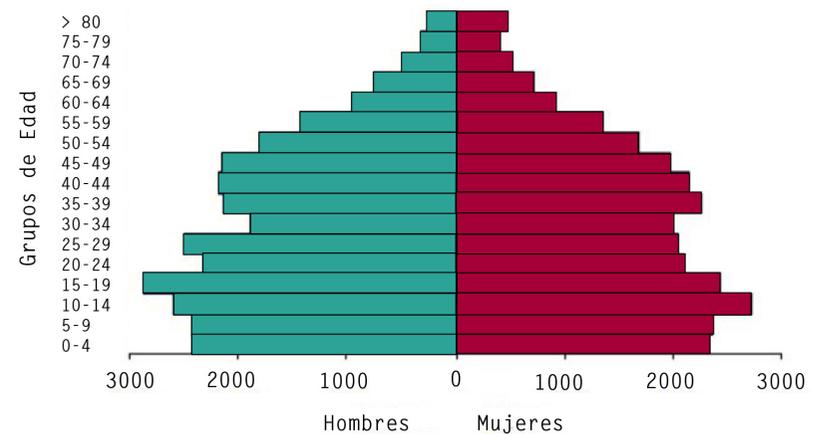


Imagen 43 Pirámide de población comuna de Coyhaique  
Fuente: Gobierno Regional, 2012

Según la pirámide de población (imagen 6), los grupos etarios que van desde los 0 a los 24 años son los que tienen mayor representatividad en la ciudad, esto hace deducir que estos usuarios generan un alto consumo de iluminación, debido a que la mayoría de las horas se encuentran estudiando.

### 4.1.3 Clima

El clima característico de la cuenca del río Aysén, que acoge a la comuna de Coyhaique corresponde al clima continental transandino con degeneración esteparia. Este clima presenta una notable disminución de las precipitaciones en relación con su ubicación latitudinal, lo cual se explica por el rol de barrera climática que juega el cordón de los Andes patagónicos. También es característica la presencia de nieves invernales y fuertes vientos todo el año (MeteoChile, 2001). El clima presenta las cuatro estaciones del año, pero se marca la estación de invierno.

Según la clasificación que hace Koppen la ciudad de Coyhaique pertenece a un clima templado lluvioso frío sin estación seca y bajo la Norma Chilena 1079 la comuna pertenece a un clima sur extremo, que son zonas frías muy lluviosas con precipitaciones a lo largo de todo el año disminuyendo la intensidad hacia el sur y desde W a E. Presentan una nubosidad casi permanente y veranos cortos, posee suelo y ambiente húmedo y una radiación solar moderada en verano.

#### a) Precipitaciones, temperatura y humedad

Las precipitaciones según el promedio anual han disminuido a lo largo de los años, presentándose el año 2007-2008 la menor cantidad de milímetros, con 685,6 y 923 correspondientemente. Los meses que presentan mayores precipitaciones van de mayo a agosto. En cuanto a las temperaturas, la temperatura media anual al año 2013 ha aumentado respecto de los años anteriores llegando a un promedio de 9 °C, los meses más desfavorables son julio y agosto, en donde las temperaturas medias mensuales alcanzan 2°C (INE, 2014).

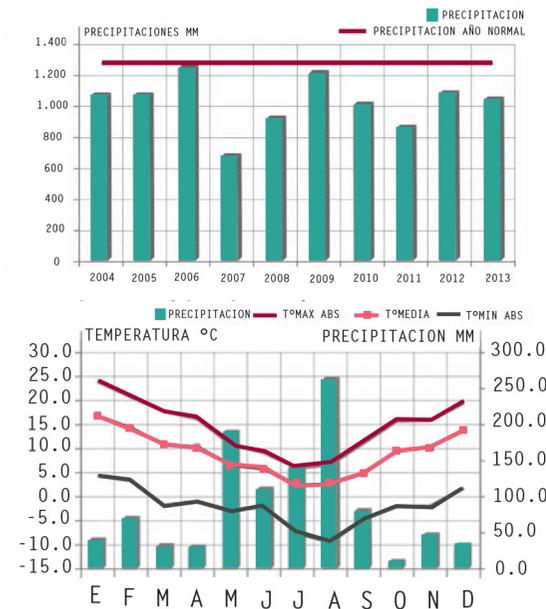


Imagen 44 Y 45 Precipitación anual 2004 -2013 Y Temperaturas y precipitaciones 2013 Fuente: INE, 2014

Los meses en donde se presenta mayor lluvia, las temperaturas también son las más bajas habiendo una directa relación entre la cantidad de mm de agua caída con la temperatura exterior. El rango de horario que presenta mayores temperaturas es entre las 15:00 y 18:00 horas disminuyendo desde las 21:00 horas.

La humedad durante el año en Coyhaique varía según el mes. En los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto se presentan las mayores humedades relativas que están en el rango de 60% a 90 %, debido a la baja temperaturas que se presentan es estos meses, por el contrario, en los meses de primavera y verano se encuentran humedades relativas más bajas ubicadas en los rangos de 50% a 70%.

Para el mes más desfavorable en la región de Aysén se presenta la siguiente cartografía

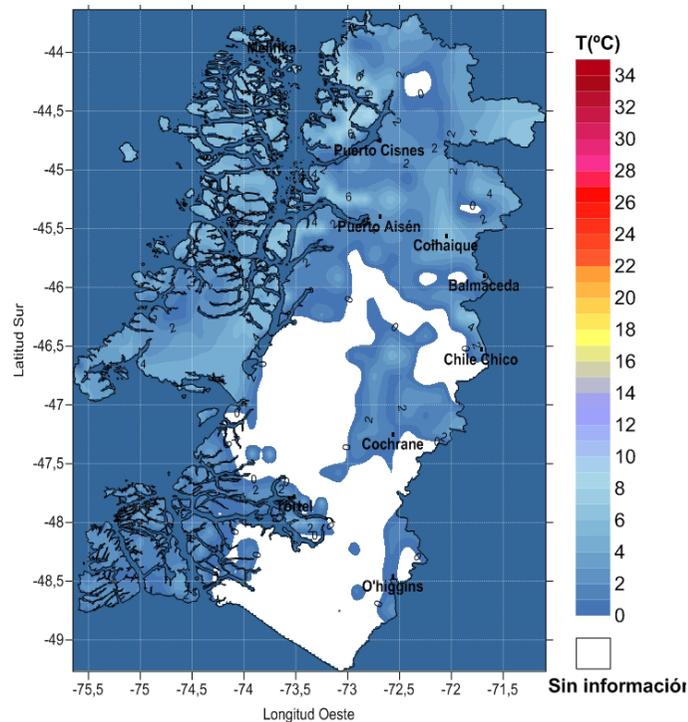


Imagen 46 Cartografía del mes de Julio Región de Aysén, Fuente: Meteorología Chile, 2014

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
12	77	81	85	87	89	90	89	87	86	80	75	74
13	70	74	80	84	88	89	89	85	82	74	69	68
14	65	68	74	80	86	88	88	82	75	67	64	63
15	60	62	67	74	83	86	84	78	69	62	60	60
16	57	58	62	69	79	82	81	73	64	58	57	57
17	55	55	59	65	75	79	77	69	61	56	56	55
18	53	53	56	63	73	77	75	66	58	54	54	54
19	52	52	55	62	72	75	73	65	57	53	53	53
20	52	51	54	62	71	76	74	65	57	53	54	53
21	53	52	55	64	74	78	76	66	58	54	54	54
22	54	53	57	68	78	82	79	70	62	57	56	56
23	56	56	62	73	81	84	82	75	67	60	58	58
24	60	60	67	77	84	86	84	78	71	65	62	61
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>64</b>	<b>71</b>	<b>80</b>	<b>82</b>	<b>81</b>	<b>74</b>	<b>67</b>	<b>61</b>	<b>59</b>	<b>59</b>

Tabla 15 tabla de humedad relativa anual de Coyhaique Fuente: Meteochile: Anuario, 2014.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

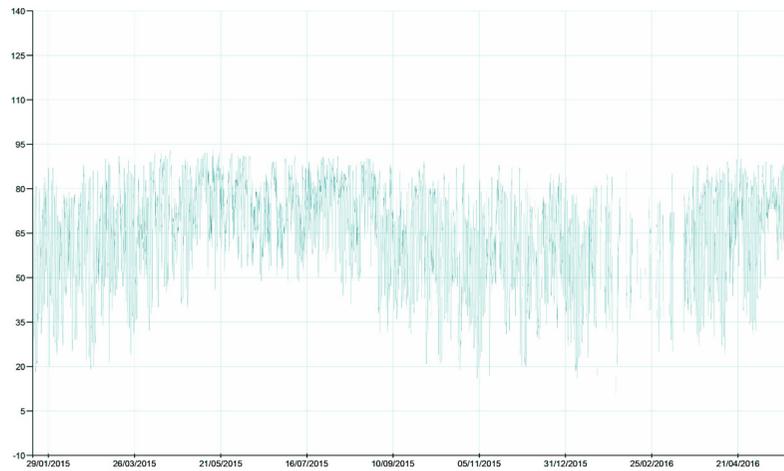


Imagen 47 Humedad relativa en Coyhaique 2015-2016 Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2016

La morfología de la región es singular y muy distintas a las otras regiones del país, ya que se encuentra caracterizado por la ausencia de valles longitudinales, que son reemplazados por una gran cantidad de canales marítimos y fiordos. Constituido principalmente por la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, que se representa por islas, archipiélagos y penínsulas. Esta estructura influye directamente al comportamiento térmico, lo que hace que sea extremadamente inhóspita por las bajas temperaturas

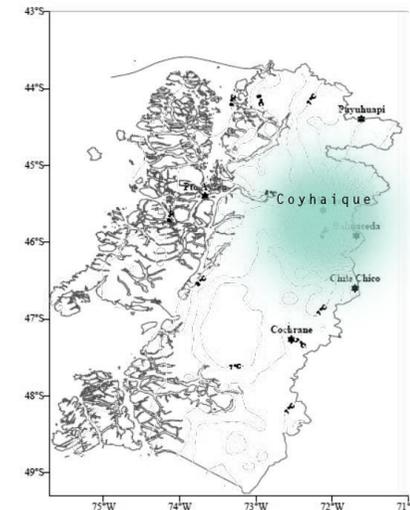
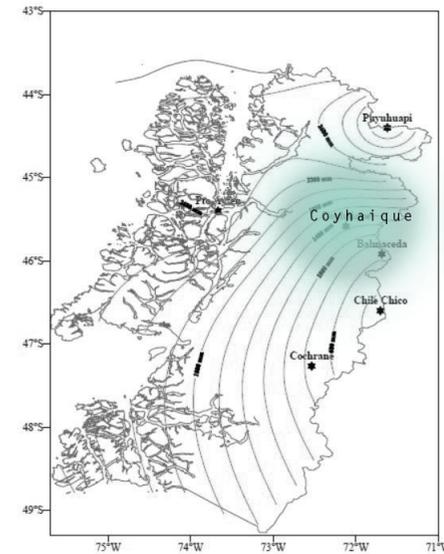


Imagen 48 Morfología y dirección de precipitaciones de Coyhaique Fuente: Meteochile, 2001

### 4.1.4 Vientos

Como se aprecia en la tabla 16 durante los meses de verano predominan los vientos con dirección norte y suroeste y en invierno domina la calma y los vientos con dirección norte (Meteorología de Chile, 2014). Los vientos provenientes del oeste presentan mayores temperaturas que los noroestes a pesar de que presentan mayor velocidad (Meteoblue, 2016).

MES	PRESIÓN MEDIA (hPa) AL NIVEL DE:		VIENTO					
			DIRECCIÓN DOMINANTE Y VELOCIDAD MEDIA					
	ESTACIÓN	MAR	08 hrs		14 hrs		20 hrs	
Enero	974.3	1010.9	N	4	SW	7	SW	5
Febrero	976.4	1012.9	CALMA	0	SW	7	SW	6
Marzo	975.7	1012.7	N	4	W	7	N	3
Abril	978.1	1015.5	CALMA	0	S	3	N	4
Mayo	974.6	1012.3	CALMA	0	CALMA	0	N	3
Junio	973.1	1010.9	CALMA	0	CALMA	0	CALMA	0
Julio	976.7	1014.9	CALMA	0	CALMA	0	CALMA	0
Agosto	975.0	1012.6	N	3	S	3	CALMA	0
Septiembre	974.2	1011.7	N	3	SW	5	SW	4
Octubre	976.3	1013.5	CALMA	0	SW	7	W	4
Noviembre	976.1	1013.2	W	5	SW	6	W	5
Diciembre	974.6	1011.4	SW	6	W	7	W	5
ANUAL	975.4	1012.7	N	4	SW	6	CALMA	0

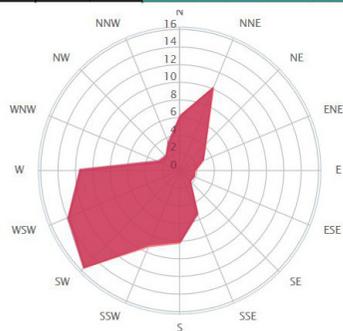
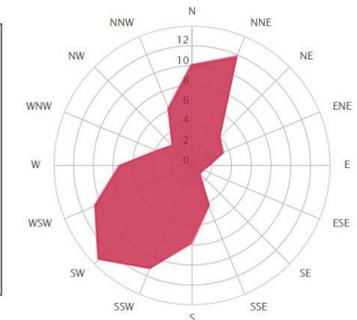
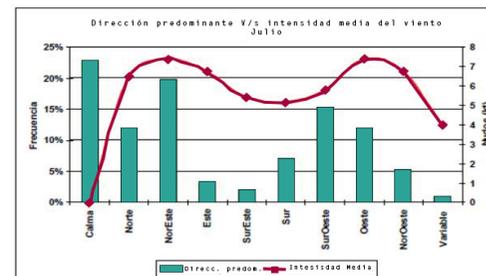
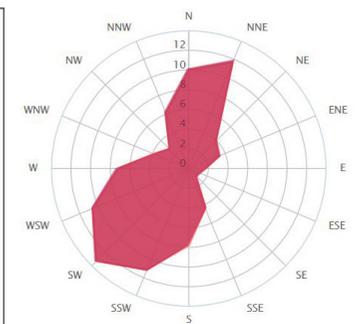
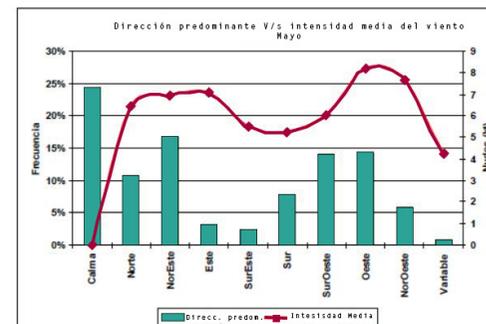
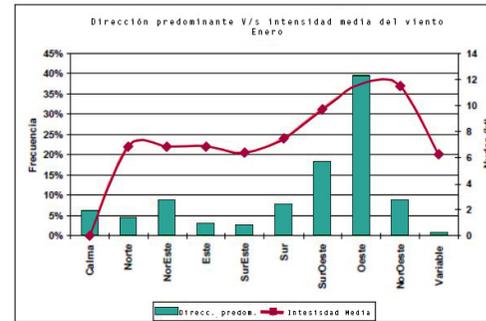


Tabla 16 Dirección de viento dominante  
Fuente: Meteochile Anuario climatología, 2014



“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

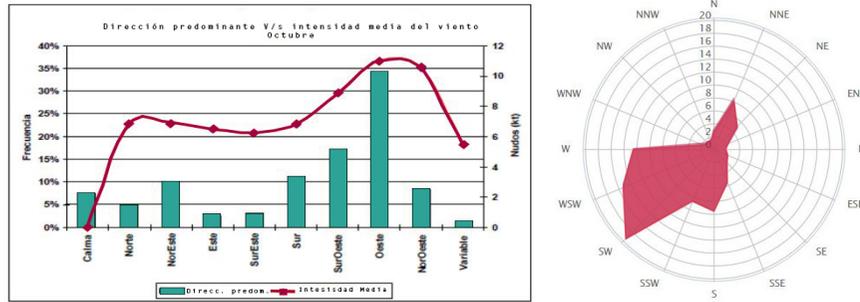


Imagen 49 Dirección predominante del viento de Coyhaique Fuente: Elaboración propia en base a información MeteoChile y windfinde, 2016

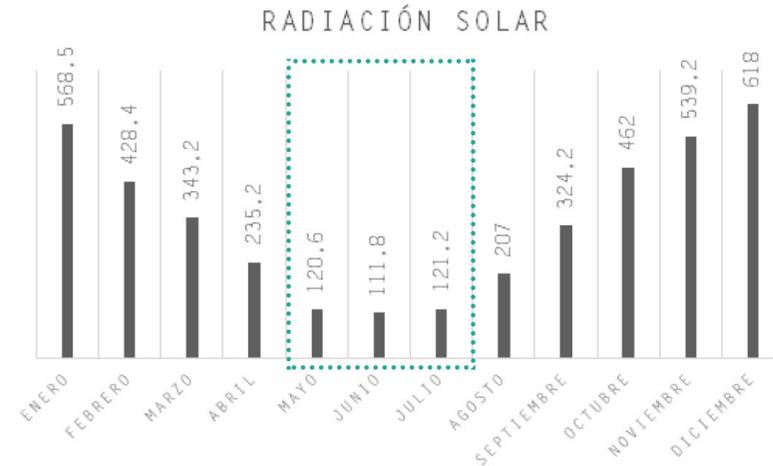


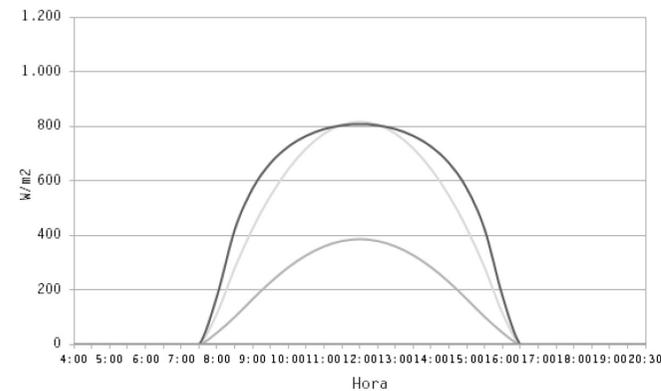
Imagen 50 Radiación global en un plano horizontal Fuente: elaboración propia en base a Sarmiento, 2008

#### 4.1.4 Radiación Solar sobre un plano horizontal (MJ/m2)

La radiación solar que presenta la ciudad de Coyhaique entre los meses de noviembre a enero se presenta los mayores valores, por el contrario, entre los meses de mayo a julio, los cuales presentan una menor radiación, debido a la cantidad de días nublados que se existen en ese período. El tipo de radiación que se da en esta ciudad es mayoritariamente difusa (Imagen 50), aunque obtiene también altos niveles de radiación directa en los meses de verano

En Coyhaique si siempre hubiera días despejados habría una radiación solar mayor para el mes de julio, por ejemplo para un día de julio con cielo poluido se registran 3,02 kWh/día y con cielo despejado 4,72 kWh/día.

Imagen 51 Radiación solar en días despejados según modelo de Charles Perrin de Brichambaut, Fuente: Roman. R, 2015



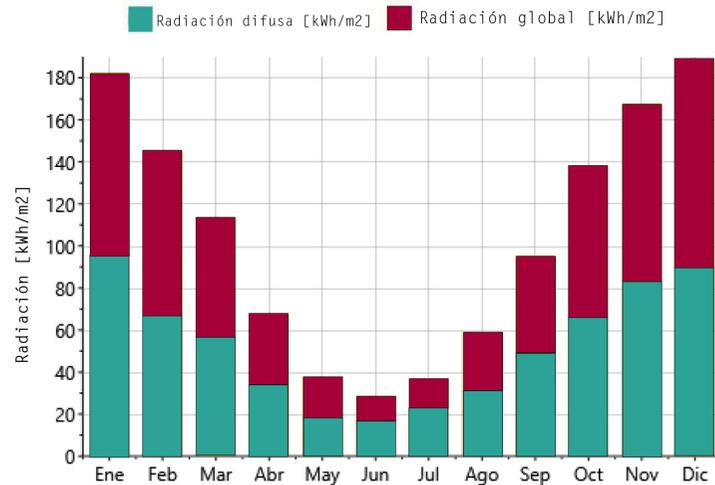


Imagen 52 Radiación difusa Coyhaique  
Fuente: Meteonrm, 2016

MES	NÚMERO DE DÍAS CON :						CIELO CUBIERTO	
	TEMPERATURA			PRECIPITACIÓN			≥ 6 Octavos	≤ 2 Octavos
	MÍNIMA <= 0°C	MÁXIMA ≥ 25°C	Min ≥ 20°C	≥ 0.1 mm	≥ 1 mm	≥ 10 mm		
Enero	-	3	-	13	7	3	12	3
Febrero	-	7	-	8	5	-	8	10
Marzo	1	3	-	12	6	-	9	5
Abril	5	-	-	13	9	5	13	2
Mayo	4	-	-	20	16	8	21	1
Junio	7	-	-	23	13	3	16	1
Julio	17	-	-	21	8	3	15	3
Agosto	2	-	-	23	13	5	19	-
Septiembre	3	-	-	19	11	3	18	3
Octubre	3	-	-	16	11	2	13	5
Noviembre	2	-	-	11	6	4	13	2
Diciembre	-	2	-	13	10	1	17	1
ANUAL	44	15	-	192	115	37	174	36

Imagen 53 Número de días con cielo cubierto  
Fuente: Anuario meteorología de Chile, 2014

#### 4.1.5 Nubosidad

La nubosidad es la fracción de cielo cubierto con nubes, se expresa en octavos u octas y se divide en ocho partes por el observado, quien es el que determina cuantas partes están cubiertas por nubes (Meteorología de Chile, 2016). En Coyhaique los meses que presenta mayor cantidad de días nublados o cielo cubierto es el mes de mayo con 21 días con 6 octavos, seguido por el mes de agosto con 19 días.

#### 4.1.6 Horas de sol

La cantidad de horas con sol dentro de la ciudad de Coyhaique se ve claramente en el Imagen 52, el mes de junio es el mes que presenta la menor cantidad de horas con 8 horas aproximadamente de sol, por el contrario, enero es el mes con mayor cantidad de horas en donde generalmente hay un total de 15 horas de sol (<http://www.tutiempo.net>, 2016).

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

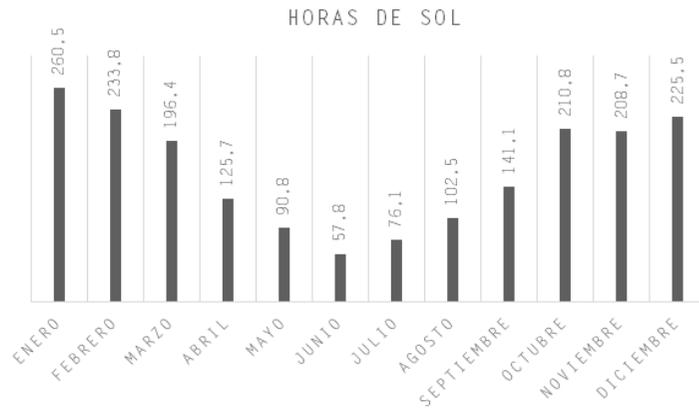


Imagen 54 Cantidad de horas de sol total  
Fuente: Anuario de meteorología de Chile, 2014

#### 4.1.7 Asolamiento

Es la trayectoria solar que recibe el sitio. La incidencia depende de donde se esté ubicado el proyecto o vivienda con respecto al sol. Para el caso de Coyhaique su carta solar es la siguiente.

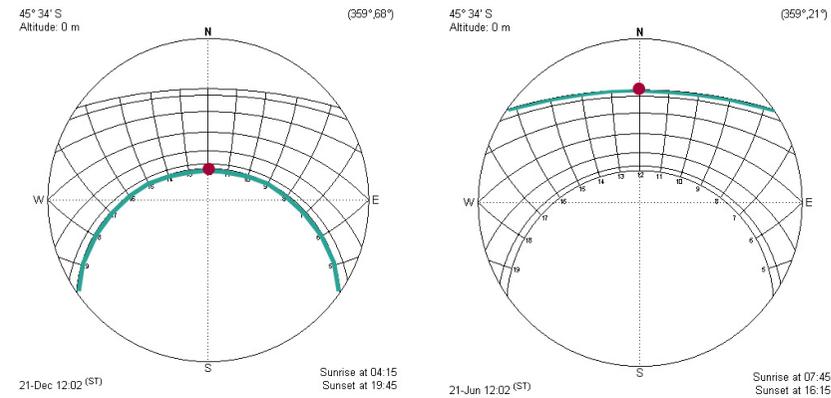


Imagen 55 Carta solar de la ciudad de Coyhaique para solsticio de invierno y verano  
Fuente: Elaboración propia en base a Helidon, 2016

#### 4.1.8 Viviendas

El tipo de vivienda predominante dentro de la ciudad es casa con 15.770 (INE, 2012) con una tipología homogénea la que consiste en vivienda aislada con uno o dos pisos, presentándose una trama urbana consolidada, generándose un considerable aumento en el número de viviendas entre el 2002 - 2009 (PLADECO, 2005). El número total de viviendas presentadas en el precenso del 2011 fue de 22.704 (PLADECO, 2013)

	Censo 2002	Precenso 2011	Variación %
Región de Aysén	29.583	39.605	33,88%
Provincia de Coyhaique	16.198	22.704	40,17%

Tipología	Región	Coyhaique
Casa aislada ( no pareada)	69,73%	61,13%
Casa Pareada por un lado	28,15%	34,11%
Casa pareada por ambos lados	1,55%	2,28%
Departamento en edificio sin ascensos	0,09%	0,04%
Mediagua o mejora	0,07%	0,10%
Rancho, choza o ruca	0,12%	0,21%
Vivienda precaria de materiales reutilizados	0,02%	0,03%
Otro tipo	0,27%	0,11%

Tabla 16 Tabla de cantidad de viviendas por tipología  
Fuente: Pladeco, 2013

#### 4.1.9 Contaminación

El aumento de las áreas urbanas ha generado una pérdida de suelos con potencial silvoagropecuario y de cubierta vegetal. Por consiguiente, esto ha provocado efectos negativos, sobre todo por el aumento en el uso de combustible de origen biológico y las condiciones geográficas que propician inversión térmica invernal.

Dado por el aumento de la utilización de estufas en las viviendas que impactan gravemente en las condiciones de la calidad del aire, las cuales ya presentan un deterioro importante, siendo demostrado por la declaración de zona saturada a la ciudad de Coyhaique, como se indica en la imagen 56 y 57.

Según el informe de Plan de descontaminación 2014 -2018

se aprecia claramente el aumento del promedio anual de MP10 en las ciudades del Sur, pero hasta el momento estos planes solo han sido implementados en Temuco y Padres Las Casas, dejando ciudades como Coyhaique, Osorno, Valdivia, entre otras sin un plan de descontaminación existiendo una deuda para estas ciudades que necesitan soluciones a corto plazo, ya que la población se encuentra expuesta a altas concentraciones de contaminantes. Actualmente el plan de descontaminación en Coyhaique se encuentra en una etapa de anteproyecto, pero sin tener un plan vigente aún.

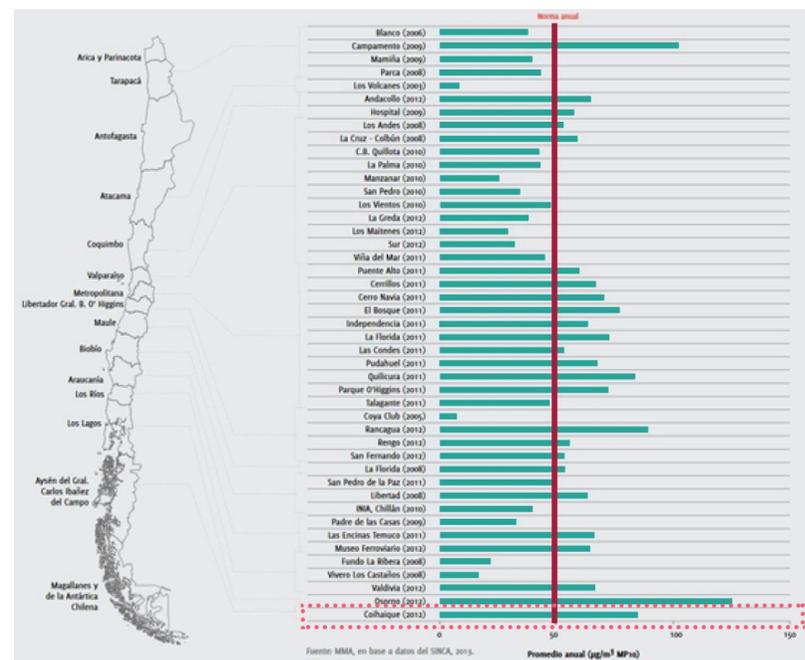


Imagen 56 Concentración de partículas por ciudad 2012  
Fuente: MMA, 2014

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

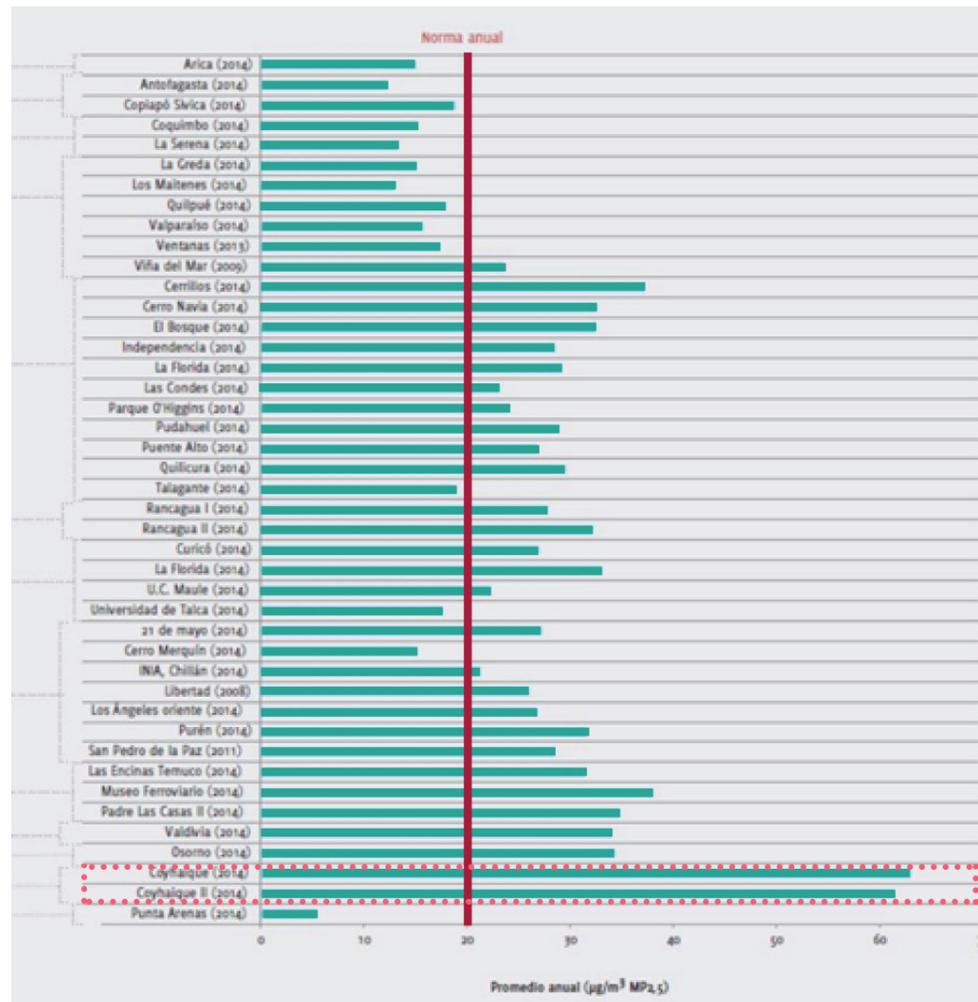


Imagen 57 Concentración de partículas por ciudad 2014  
Fuente: MMA, 2015

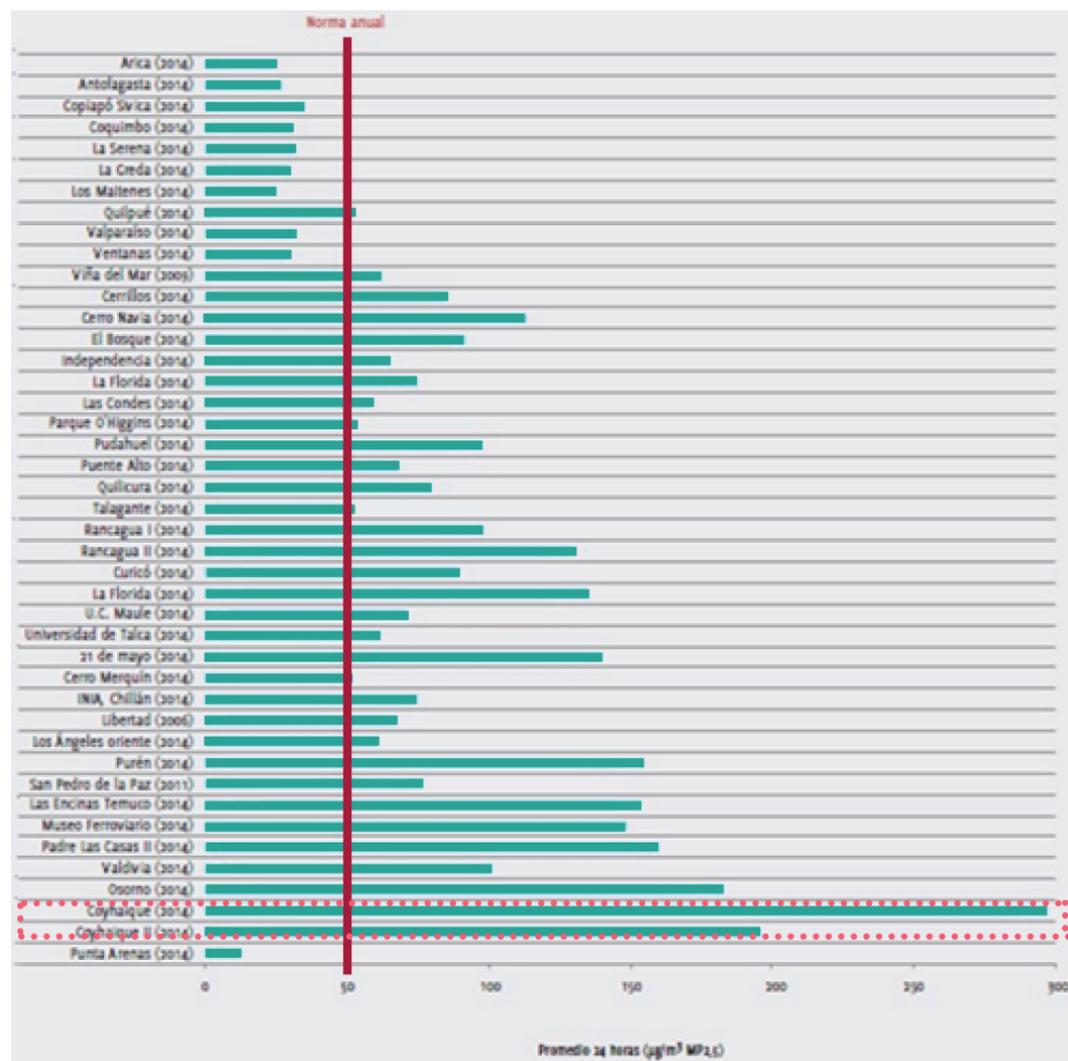


Imagen 58 Norma Anual en base promedio 24 hrs µg/m<sup>3</sup> MP 2,5 año 2014  
Fuente: MMA, 2015

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

Como se aprecia en la imagen 59 la mayor cantidad de contaminación que tiene el material particulado 2, es proveniente de la leña, ya que más del 87 % de las viviendas utiliza leña como el combustible principal (MORI, 2016).

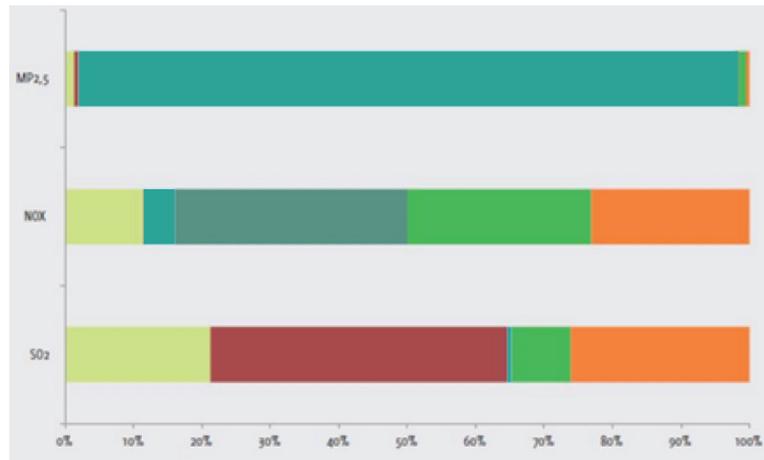


Imagen 59 Norma Anual en base promedio 24 hrs  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  MP 2,5 año 2014  
Fuente: MMA, 2015



## Coyhaique es la ciudad más contaminada de la región

Según la Organización Mundial de la Salud, el problema de esta ciudad de la Patagonia chilena es el uso de calefacción a leña.

### Nacional

## OMS ubicó a Coyhaique como la ciudad más contaminada de América

Un estudio abarcó 3 mil ciudades de 103 naciones, dentro de los que la ciudad del sur del país presentó los mayores niveles de esmog de la región.

### LATERCERA

## Ranking de la OMS ubica a Coyhaique como la ciudad más contaminada de América

Autor: [Oriana Fernández](#)

Capital de Región de Aysén figura entre las urbes con mayores índices de polución, superando a Lima y La Paz. Asia exhibe los mayores registros de esmog del planeta. Expertos recomiendan fortalecer las medidas preventivas.

Imagen 60 Noticias contaminación en Coyhaique  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Recientemente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que Coyhaique se ha convertido en una de las ciudades más contaminada en América Latina por el uso de leña como calefacción, siendo el 97% de las emisiones provenientes de calefacción residencial y solo un 3% de industrias o calderas de hospitales y colegios. Lo que se contradice con la cantidad de habitantes que posee que con solo 63.000 alcanza a tan altos niveles de contaminación, ya que generalmente estos índices son asignados a grandes urbes que reciben contaminación de los extensos tráficos, sistemas de refrigeración y calefacción, producción industrial y residuos de basura (ww.paginasiete.bo).

Según el informe de la OMS, las principales ciudades que presentan mayor contaminación del aire por sobre lo recomendado de América Latina pero que están por debajo de la ciudad de Coyhaique son la Ciudad de México, Buenos Aires, Bogotá, Caracas y Lima. Las ciudades que encabezan esta nómina son Irán e India que sobre pasan los 100  $\mu\text{m}$ .

En el año 2014 Coyhaique registró los niveles más altos, los cuales alcanzaban los 75  $\mu\text{m}$  de  $\text{PM}_{10}$  y 64  $\mu\text{m}$  de  $\text{PM}_{2.5}$  sobrepasando varias veces lo permitido según los estándares internacionales que exigen como máximo 10  $\mu\text{m}$  en promedio anual. Siendo las partículas más finas perjudiciales para la salud, ya que pueden pasar al torrente sanguíneo (La Tercera, 2016).

Según el estudio realizado por CEDEUS, el resultado del monitoreo del material particulado de  $\text{PM}_{2.5}$  en varias ciudades del sur, ha arrojado un gráfico que indica como una de las ciudades con mayores índices a la ciudad de Coyhaique, el monitoreo que fue desarrollado según las horas del día durante estos meses, ha confirmado que después de las 18:00 horas los niveles de contaminación aumentan considerablemente, hasta descender alrededor de las 3:00 horas.

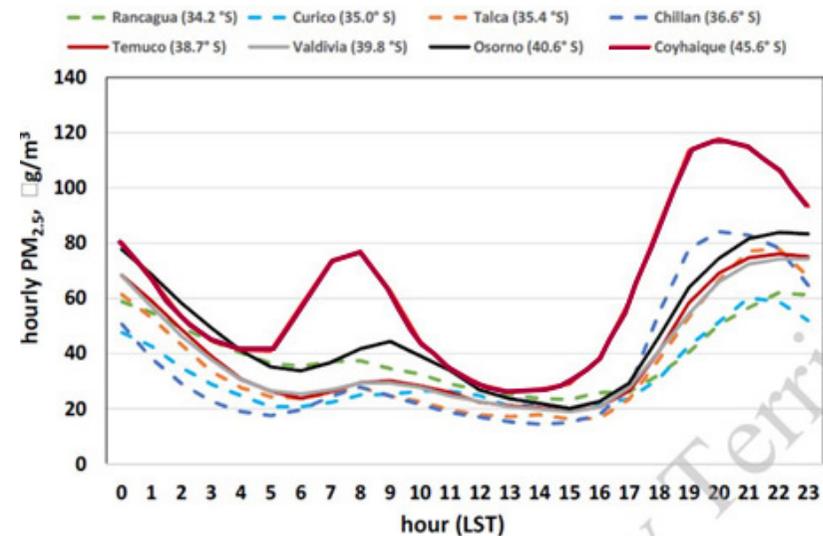


Imagen 61 Monitoreo de material particulado en ciudades del Sur de Mayo a Agosto  
Fuente: CEDEUS, 2016

## 4.2 DESARROLLO URBANO

El desarrollo de la ciudad de Coyhaique se entiende desde la base del poblamiento de las regiones más australes del país por parte del Estado, quienes sufren una falta de conectividad debido al aislamiento y mala accesibilidad. Es por esto, que en los últimos años la ciudad de Coyhaique ha experimentado una fuerte expansión, ya que la población se ha comenzado a desplazar hacia la capital de la región, debido a que la ciudad posee la mayor concentración de equipamiento, servicios y un mercado de empleo. Dado esto, es que las ciudades dentro de la región han presentado un marcado desequilibrio demográfico.

Sin embargo, el gobierno ha tratado de incentivar la colonización en las ciudades cercanas a la carretera austral, fiordos y áreas cercanas a Coyhaique y Balmaceda. Pero esto no ha tenido muchos resultados, solo durante la década del ochenta, cuando se generó un aumento debido al comienzo del mercado de la merluza. Dado principalmente por las condiciones geográficas de la región de Aysén generando un obstáculo para el desarrollo territorial. En la última década, se ha visto un aumento en la migración debido al mejoramiento de la infraestructura vial, nuevas industrias en el área agropecuaria y actividades turísticas basados en los atractivos naturales y culturales.

El proceso de concentración en la ciudad parte desde

2002, lo que provocó una disminución de la población rural como se comentó anteriormente debido al crecimiento de la industria pesquera, acuícola y turística, lo que ha generado nuevos núcleos de poblados.

El crecimiento demográfico se debe a una concentración de la población en la ciudad, debido al desplazamiento y migración de la población de zonas más pequeñas o rurales y de otras regiones del país a la ciudad de Coyhaique.

Este crecimiento se ve reflejado en la construcción de viviendas y la ocupación de suelo que es favorablemente del tipo residencial dentro de la ciudad, representando un 55% del total de la región de Aysén según el PLADEC. Lo que ha provocado transformaciones dentro de la ciudad de Coyhaique como lo que ha pasado en muchas ciudades chilenas del último tiempo que destaca el rol jerárquico y primado en la estructura de otros centros poblados. Una urbanización reciente, acelerada por extracción de recursos naturales y promovidos por una oferta inmobiliaria de viviendas por segmentos socioeconómicos que ha sido favorecida por la geografía local que presenta importantes hitos naturales.

A pesar de ser Coyhaique, una ciudad que está en la transición de ser pequeña a media o intermedia, ocurren muchos de los fenómenos que ocurren en las grandes urbes de Latinoamérica, un modelo de ciudad fragmentado, segregado y disperso.

La estructura urbana y el asentamiento de la población está determinada por los ríos Simpson y Coyhaique y estructurado por el cordón El Divisadero, hacia el sur la Reserva Nacional Coyhaique, hacia el norte cursos de agua, lo que hace que la población se ubique en las terrazas de origen pluvial de esteros y ríos.

El aumento de la población proveniente de poblados rurales aledaños o de otras ciudades de la región de Aysén ha hecho presión en el cambio de los límites urbanos establecidos por la planificación urbana sobre los equipamientos, servicios, infraestructura vial, sanitaria y energética. Siendo principalmente una ciudad que satisface las necesidades básicas del desarrollo económico de la región.

La fisonomía urbana de la ciudad, ha adquirido una forma segregada, la cual es ayudada por los elementos naturales que acentúan la separación de las actividades, usos de suelos y grupos sociales. Dado a que la ciudad ha crecido tan rápidamente alejándose del casco fundacional marcado principalmente por la plaza de armas en forma pentagonal. Como se mencionó anteriormente, Coyhaique al ser capital de la región concentra el sector de los servicios y empleabilidad centrándose en las actividades terciarias.

#### 4.2.1 Proceso de urbanización

En 1931 se funda definitivamente la ciudad de Baquedano,

quien adquiere el nombre de Coyhaique en 1935, asentado en el sector de la Pampa del Coral, poseía solo treinta viviendas, se construyeron los primeros edificios públicos alrededor de la plaza, que desde sus inicios se planteó como un elemento estructurador y ordenador, entre los límites comprendidos por las calles Colón, Portales y Magallanes. Luego se consolida los ejes de calles Condell y Avenida Prat como el principal eje comercial de la ciudad que continúa hacia el sur hasta Avenida Ogana.

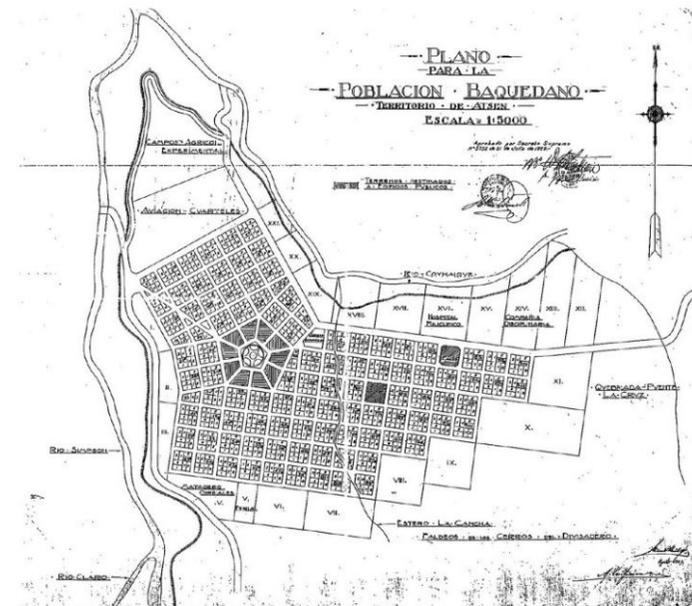


Imagen 62 Primer trazado de la ciudad de Coyhaique (Baquedano) Fuente: Casas Antiguas de Coyhaique testigos del pasado, 2012

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

Posteriormente en los años siguientes, el Estado asume un rol importante en la colonización de la ciudad, entregando título de dominio y construcción de caminos. En el año 1948, es en donde se empieza a desarrollar más fuertemente el crecimiento de la ciudad de forma continua a partir del centro de la ciudad.

Un hecho natural que marcó la ciudad a mediados de los años 60 es el denominado “Terremoto blanco”, una gran oleada fría que terminó con una gran inundación que generó un desequilibrio ecológico. Este hecho incide en la configuración definitiva de la ciudad, definiendo los límites y áreas de cauces naturales y se inicia la implementación de servicios de urbanización como la red de alcantarillado y la Central Hidroeléctrica de Puerto Aysén (1962). El Primer Plan Regulador se plantea en 1969 que define dos marcados accesos por el oriente y sur que están destinados a un área industrial. Desarrollándose establecimientos educacionales, de salud e industrias madereras (Azócar et al, 2010).

En 1974, se declara a Coyhaique como capital de la región de Aysén, se construyen edificios públicos y habitacionales consolidando el sector alto de la ciudad. Pero no es hasta la década del ochenta que se comienza con el tramo norte de la carretera austral que da inicio a una nueva etapa de urbanización reforzando las actividades turísticas, potenciado por el cambio al plan regulador quien define un área de extensión urbana hacia el oriente

La población urbana más reciente pertenece de otras regiones del país y principalmente de la región metropolitana según el censo del 2002, por lo que actualmente el nuevo suelo incorporado presenta un uso residencial.

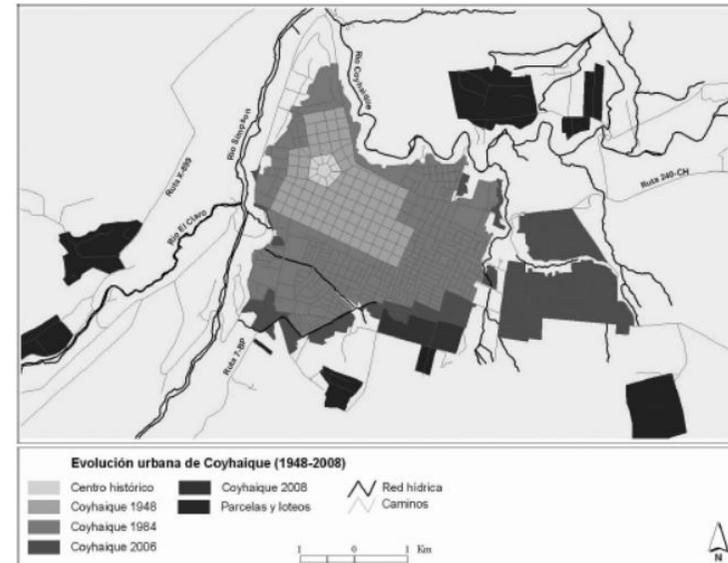


Imagen 63 Evolución urbana de Coyhaique 1948 - 2008 Fuente: Revista de Geografía Norte Grande N° 46: 85 -104 Patrones de crecimiento urbano en la Patagonia chilena: el caso de la ciudad de Coyhaique. Azócar et al, 2010.

### 4.3 PLAN REGULADOR COMUNAL

El Plan Regulador Comunal (PRC) tiene la misión de orientar el desarrollo de la Comuna de Coyhaique, el

cual está basado en las directrices que entrega la Ley General de Urbanismo y Construcciones, el instructivo de la confección de Planes Reguladores Comunales y la Ley sobre Bases del Medio Ambiente (Ley 19.300).

El instrumento de regulación urbana corresponde al PRC del año 1997, que en la actualidad se ha decidido modificar debido a las importantes transformaciones que ha tenido la Comuna como la ciudad de Coyhaique, capital de la Región de Aysén en los últimos 10 años. Según estudios de Azocar et al en el 2010, la Comuna ha sufrido de transformaciones que han desarrollado una expansión en forma fragmentada, debido a esto se ha replanteado el rol del sistema territorial intercomunal, los cuales se centra en la concepción del territorio para alcanzar un crecimiento coherente y articulado de la ciudad.

En relación, al tipo de expansión de la Ciudad y la tipología de viviendas que se han construido en el último tiempo, es necesario prever de suelo para el uso de equipamiento y servicios, que efectivamente sirvan a estos sectores, debido a lo alejado que están del centro de la ciudad.

El objetivo general que plantea el PRC está orientado a obtener un desarrollo armónico del territorio comunal, especialmente en la relación de su entorno urbano con el entorno rural, en concordancia con las metas regionales y locales de desarrollo económico-social, y un carácter o imagen urbana que promueva la identificación de sus

habitantes con su patrimonio y el respeto por el medio ambiente y su desarrollo sustentable (PRC, 2010).

Además, fomentar el desarrollo a partir:

- Orientar el Instrumento Normativo hacia un rol de promoción del desarrollo urbano y Comunal
- Aspirar a un sistema urbano territorial que ofrezca el mayor número de posibilidades para sus habitantes desde el punto de vista de la residencia, el empleo, la recreación, el transporte, etc. Un sistema urbano y territorial que cuente con una variedad de instrumentos y líneas de acción para diferentes temas, problemas y contextos, que reconozca las identidades y particularidades del territorio, asumiéndolas como condiciones para la gestión del desarrollo urbano local
- Aspirar a un sistema urbano y territorial que se desarrolle sin afectar la calidad de vida y el desarrollo futuro de sus habitantes. Las políticas e instrumentos de desarrollo urbano deben fomentar formas de desarrollo de bajo impacto ambiental.
- Aspirar a un sistema urbano y territorial integrador e integral.

#### 4.3.1 Usos de suelos

##### 4.3.1.1 Conjuntos Habitacionales

El crecimiento de la ciudad de Coyhaique se ha basado en la creación de conjuntos habitacionales que gravitan en torno al centro histórico de la ciudad. Estos conjuntos

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

nacen como iniciativas inmobiliarias independientes unas de otras, pero ellas no son capaces de configurarse como barrios autónomos, ya que no poseen la urbanización mínima para cumplir con la normativa, o no se constituyen en torno a una subcentralidad.

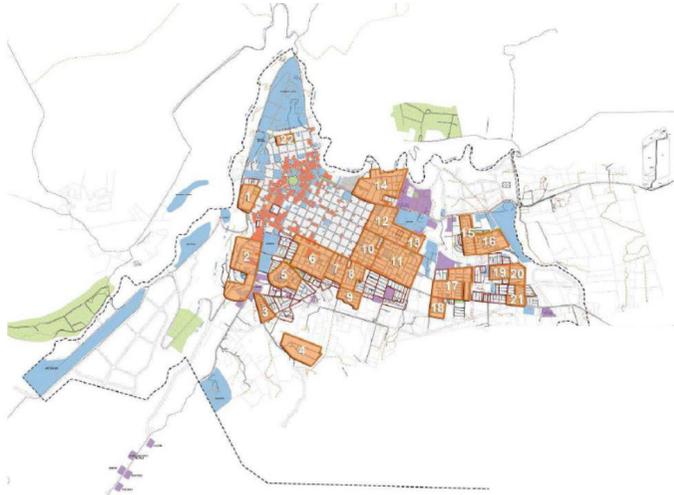


Imagen 64 Conjuntos habitacionales más significativos.  
Fuente: Memoria explicativa PRC, 2010

#### 4.3.1.2 Áreas Homogéneas:

En el PRC se determinan siete áreas homogéneas en la ciudad de Coyhaique, determinadas por su localización y características particulares, tanto en relación con el medio geográfico, como el medio urbano - construido. Estas áreas son: Área central, área de influencia central, barrio residencial medio y residencial denso,

barrio de borde, áreas estratégicas y área de borde río, quebradas, borde cerro y sistema verde de protección.

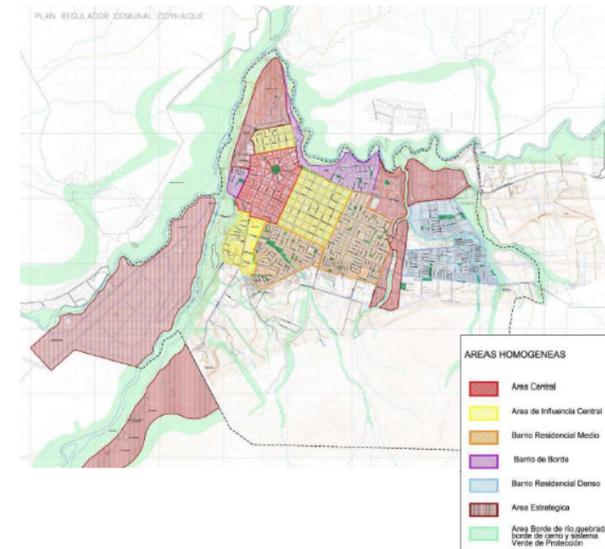


Imagen 65 Áreas homogéneas  
Fuente: Memoria explicativa PRC, 2010

#### 4.3.1.3 Áreas de expansión

Para el caso de la ciudad de Coyhaique, la propuesta de planificación ha considerado cuatro orientaciones de crecimiento que conjunta o separadamente, constituyen las alternativas de desarrollo.

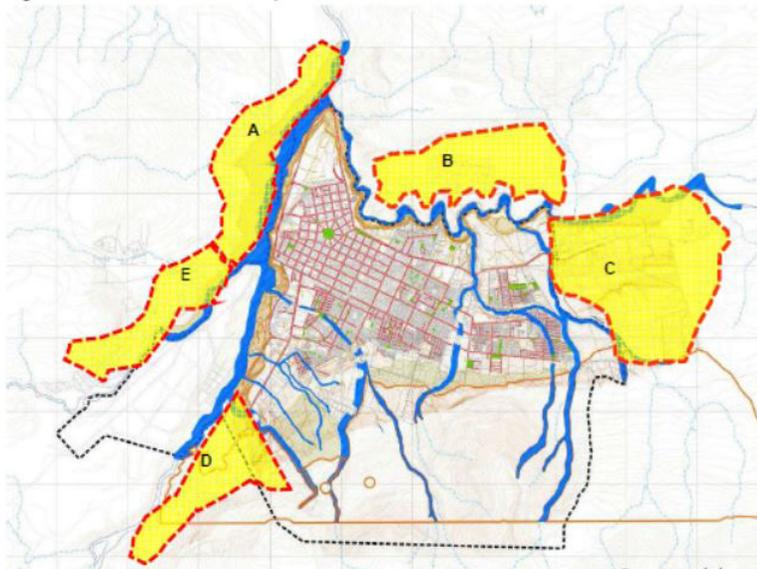


Imagen 66 Áreas de potencial expansión  
Fuente: Memoria explicativa PRC, 2010

#### 4.4 ESTRUCTURA URBANA

La ciudad de Coyhaique presenta una estructura no convencional, ya que la plaza no es el punto central de la ciudad sino que la expansión se da hacia el sector oriente.

La plaza se basa en la estructura de un hexágono, pero el resto de la planificación de la ciudad es a través de un damero al igual que en el resto del país. El territorio está formado por tres calles de mayor extensión las cuales van de Oriente a Poniente, estas son Almirante Simpson, Francisco Bilbao y General Baquedano.

Siendo las vías estructurante de Norte a Sur de menor longitud, la principal es la que atraviesa la plaza la calle Arturo Prat. Además, Coyhaique posee una vía periférica Ruta Siete Sur, que es conocida como la Carretera Austral.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

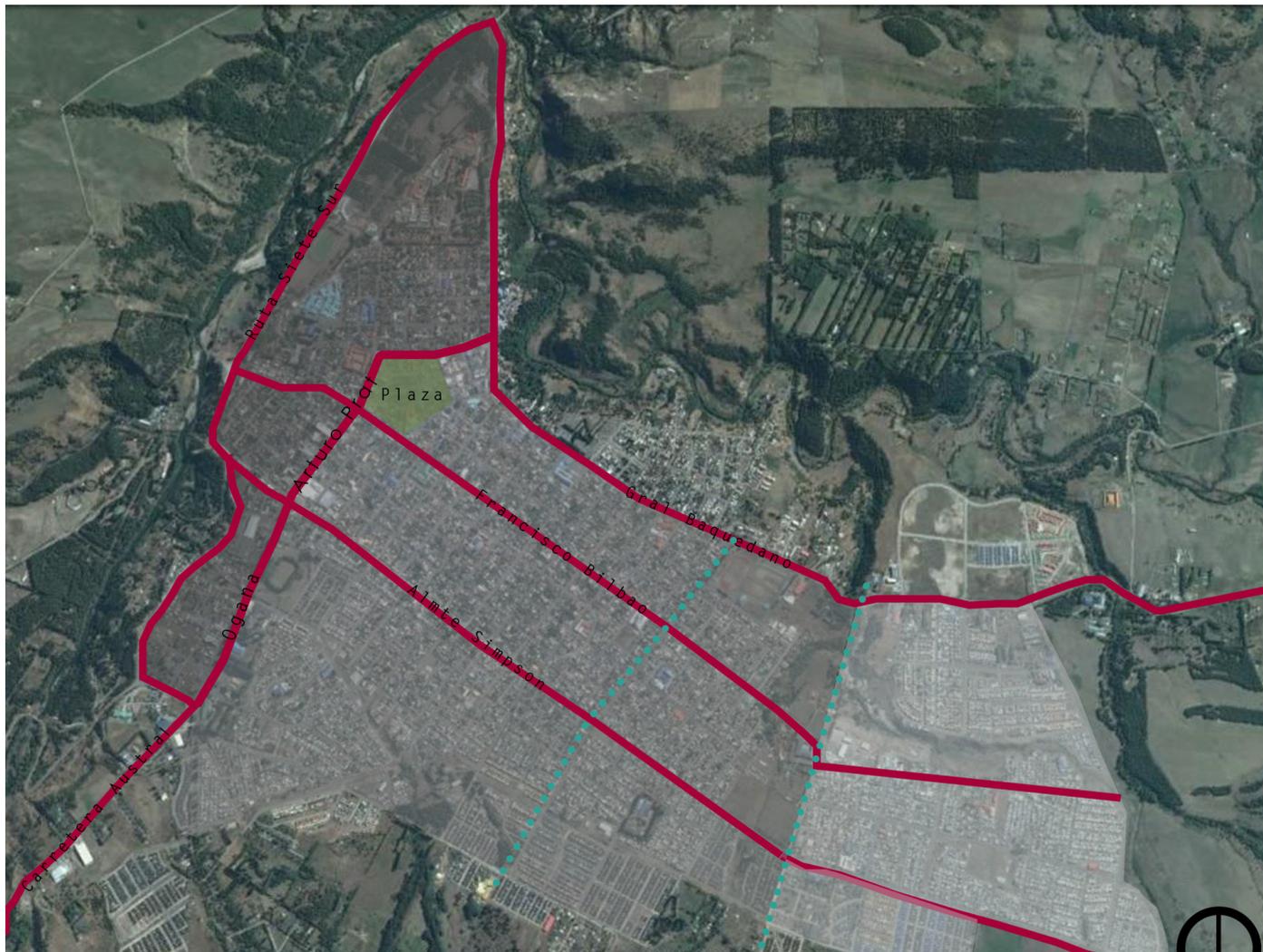


Imagen 67 Vías estructurantes  
Fuente: elaboración propia google earth, 2016



Imagen 68 Y 69 Elevación Norte - Sur y Elevación Oriente - Poniente  
Fuente: Google Earth, 2016

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

A partir de las elevaciones (imagen 68 y 69) se puede ver la pendiente que presenta la ciudad de Coyhaique, en el sentido Oriente - Poniente es de 4 % y en el sentido Norte - Sur es de 5%, lo que hace entender que se encuentra asentada en un valle y que esta morfología potencia el fenómeno físico de la contaminación, haciendo que se quede ahí la capa de contaminación y dado por las temperaturas bajas este no se eleve.

Actualmente se han designados dos puntos para la medición del aire por partes de las autoridades, los cuales se encuentran alejados de la plaza pero dentro de las avenidas principales que componen la ciudad: Almirante Simpson y Francisco Bilbao. Además, dentro del Plan Regulador la estación 1 y la estación 2 pertenecen a la zona Z4 que es la zona residencial mixta. Ambas estaciones se encuentran en una zona principalmente residencial.

Las distancia que hay entre las dos estaciones establecidas es de 889,36 metros



Imagen 70 Estaciones de monitoreo de Coyhaique  
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2016

Estación 1



Estación 2

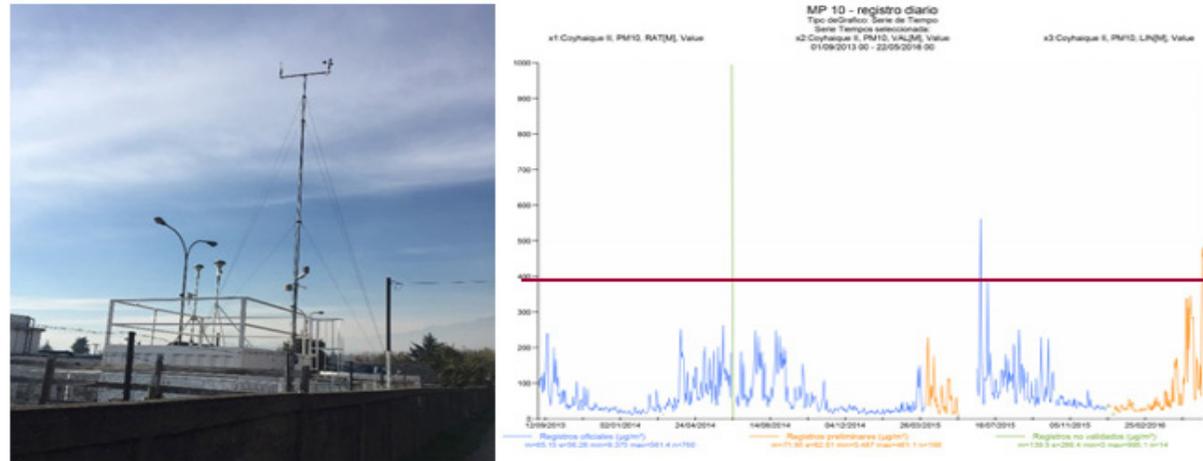


Imagen 71 Estaciones de monitoreo de Coyhaique 1 y 2 y grafico de concentración de partículas  
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2016 e información MMA, 2016

#### 4.5 ARQUITECTURA TRADICIONAL

La arquitectura tradicional de la región de Aysén ha sido influenciada por los importantes eventos naturales que se encuentran en la localidad, como lo son la geografía, el clima y disponibilidad del tipo de material. Además, se destaca el origen y nivel cultural de los constructores, ya que al pasar los años este tipo de construcción ha ido desapareciendo en el tiempo. El tipo de arquitectura que se desarrolla en esta región responde a la necesidad de cobijo de las personas, destacándose en la construcción el uso de los materiales locales, debido a la escasa accesibilidad a otras regiones.

Durante el período colonial, la explotación de los bosques nativos marcó un hito relevante en la zona Sur de Chile, ya que el recurso forestal fue aprovechado para la construcción de viviendas, astilleros y principalmente como combustible (leña). Por otra parte, la geografía, los materiales y los conocimientos técnicos del oficio de la construcción permitieron generar una estética rural y urbana propia del lugar, la cual estaba marcada por las limitaciones encontradas en el uso de la madera.

En la actualidad, la arquitectura tradicional se encuentra en un estado de abandono y de deterioro de los materiales originales. Esto se debe a la falta de recursos económicos e interés por parte de los dueños por preservar las construcciones, por otra parte el nulo

interés por parte del sector público para potenciar las medidas de cuidado de estas y el poco resguardo y mantenimiento del patrimonio tradicional de la región, lo que ha potenciado la desaparición de las técnicas ancestrales. Además, la desvalorización de la madera y el avanzado estado de deterioro de los bosques nativos, lo que ha llevado al uso de productos nuevos para la construcción con un menor costo y una mayor durabilidad en el tiempo que ha ido en desmedro de las técnicas y materiales tradicionales.

Las características de la arquitectura de Coyhaique varía en una mezcla de pionera, chilota y vernácula, ya que se utiliza el recurso de la autoconstrucción. Pero siempre guardando la imagen de una ciudad homogénea al ojo humano, caminable y cercana. En general, las viviendas y edificios presentan ventanas con vidrios pequeños debido a las difíciles condiciones de transporte y aleros que ayudan a protegerse de la lluvia (Marín, 2012).

## 4.6 CARACTERIZACION DEL USO DE LA LEÑA

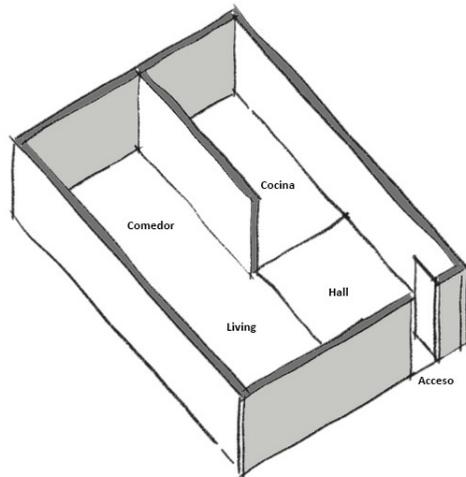


Imagen 72 Esquema de una vivienda típica de Coyhaique Fuente: Elaboración propia, 2016

El motivo del uso de la combustión a leña en la ciudad de Coyhaique se debe al costo que este tiene, siendo el más accesible para los coyhaiquinos. Es debido a esto, que es importante para poder realizar algún cambio en temas de calefacción en las viviendas, tener en consideración el concepto del costo que significaría este cambio. En la actualidad, la cantidad de leña que se utiliza en un mes más frío va entre 3 a 4 metros, lo que llevado a un año sería entre 16 a 28 metros (MORI, 2016). Sin embargo, en una semana del mes más frío se puede llegar a gastar en leña desde los \$15.000 a \$30.000 aproximadamente, lo que equivale a casi un metro de leña. Siendo la ubicación más importante de la estufa la sala de estar y cocina, dejando en segundo plano a los dormitorios.

Según el informe entregado por la compañía MORI en el 2016, indica que la población utiliza leña como combustible por ser el más económico o más barato seguido por qué es lo que hay en la región, no hay nada más que usar y por un tema de costumbre. Además, de que se ha señalado que lo más importante para la población acerca de la calefacción es el precio que este tiene.

Por otra parte, en general el usuario guarda la leña en leñeras, bajo techo o en la intemperie con un plástico. Y esto está directamente relacionado al tipo de leña que se compra, los que tienen un lugar para almacenarla comparan leña seca y los que tienen plástico para guardarla compran leña mixta. Hay una menor cantidad

de personas que compran leña húmeda pero que aún es un porcentaje significativo si se quiere mejorar la calidad ambiental. Esto también tiene relación con el nivel de ingreso, los de mayor ingreso compran el tipo de leña seca y el nivel más bajo leña mixta.

Además, una de las grandes problemáticas de la calefacción a leña es que la población no sabe lo que gasta en un periodo de invierno ni verano de este combustible. Más del 77% de la población no sabe cuánto de sus ingresos destina para satisfacer esta necesidad, es debido a esto que no hay una planificación del gasto, ni de lo que se fuga por falta de aislación y ni cuanto se compra de leña, ya que pareciera que es una tradición y un estilo de vida para la población, los cuales no ayudan a disminuir ni el costo ni el impacto del uso de la leña. Por lo que, controlar los gastos en calefacción y mejorar la aislación serían de vital importancia para comenzar a disminuir el impacto ambiental y económico. En cuanto a la mantención de las estufas, se destaca que alrededor del 60% de estas son limpiadas por la misma población y casi el 90% señala que las estufas tienen la mantención que requieren. Lo que se justifica con la visión que se entrega en el informe de caracterización de la calefacción en Coyhaique, que declara que los coyhaiquinos tienen una calefacción excelente y en buen estado con un promedio 8,1 de una nota del 1 al 10. Lo que deja ver que la población de Coyhaique está muy arraigada con sus hábitos de calefacción basados en la tradición, sin elementos de precisión, compra del

combustible y planificación del gasto. Demostrando que los conceptos modernos no han sido insertados en la cultura de la población.

Según las expectativas de cambio de calefacción el 67% de la población no piensa en cambiar su método, pero un 59% se pronuncia a favor de realizar dicho cambio, siendo esto obstaculizado por el costo que tendría. Lo que se contradice con un promedio de 8,2 de una escala de 1 a 10 de buscar nuevos métodos de calefacción que no contaminen.

A partir de este estudio es que se puede apreciar que se ve una oportunidad en la población de cambiar ciertas costumbres del tipo de calefacción, modificando sus hábitos y educando que hay nuevos mecanismos y tecnologías que son mejores que los tradicionales. Además, de instaurar una cultura ambiental y así ayudar a la colaboración de mayor eficiencia energética en la calefacción que se usa y mejorando las políticas públicas respecto a contaminación y medio ambiente.



CAPITULO 5 CASOS DE ESTUDIO

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

En este capítulo se muestran los casos de estudios seleccionados para desarrollar la investigación y dar inicio al monitoreo de las viviendas para saber cuáles son las temperaturas que alcanzan al interior. Además, se hace un levantamiento fotográfico y planimétrico.

A partir de la sub hipótesis es que se eligen los casos de estudios para la investigación:

Sub hipótesis: *“En zonas de mayor contaminación disminuye el paso de la radiación solar a las viviendas y tierra, por ello las viviendas en esos sectores serían más frías y oscuras que en los sectores de menor contaminación”*.

## 5.1 Selección de Viviendas

Para poder realizar el monitoreo dentro de la ciudad, se han escogido dos puntos referenciales, un punto muy cercano a la estación 1 , que es la que presenta mayor cantidad de material particulado y otro punto a un kilómetro de la estación 2, que es la que presenta menor cantidad de concentración de material particulado (Ver Imagen 69). Para poder ver como varían las temperaturas interiores y humedad de ambas vivienda según el grado de cercanía o lejanía que se encuentren del sector con mayor contaminación. Ambos puntos seleccionados pertenecen a la misma zona en el Plan Regulador a la cual pertenecen las estaciones. La morfología de la ciudad potencia a la formación de la nube de contaminación, debido a que presenta una forma de valle rodeado de cerros y al tipo

de expansión que ha experimentado, al encontrarse en la cordillera patagónica oriental (INE, 2014).

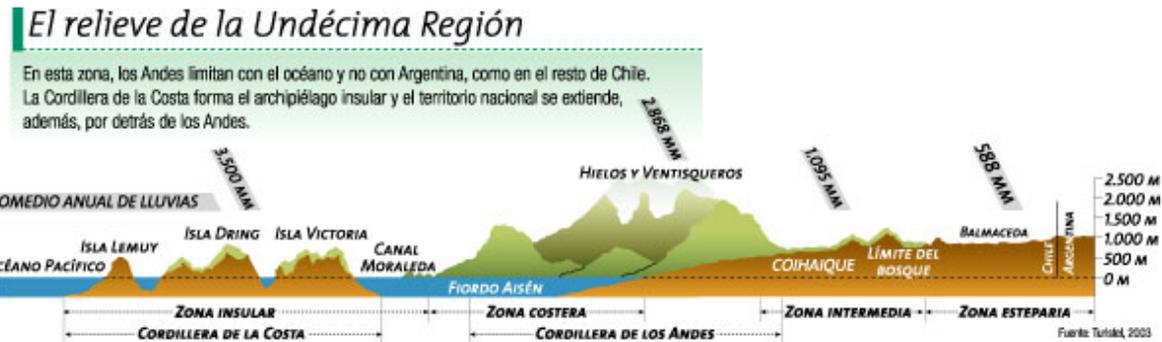


Imagen 73 Relieve undécima Región

Fuente: Universidad Central Facultad ciencias de la Educación portafolio de geografía, 2016

Por otra parte, las viviendas escogidas deberán tener un tamaño similar, distribución espacial, cantidad de personas, orientación y materialidad. Para que los resultados obtenidos sean comparables entre ellos.

Las viviendas seleccionadas responden a un tipo de arquitectura típica de la zona, según el PLADEC0 del 2013 el 63,13 % de las viviendas en Coyhaique son viviendas aisladas (no pareadas) y la mayor población pertenece a un sector medio de ingresos de una remuneración de \$500.000 o más (Mori, 2016).

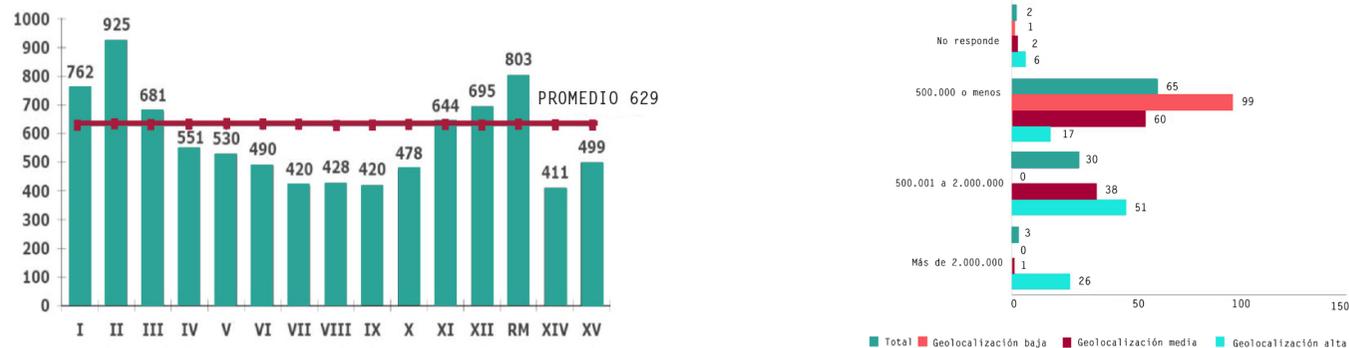


Imagen 74 Ingresos de la población a nivel nacional y ciudad de Coyhaique

Fuente: MORI, 2016

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”



Imagen 75 Levantamiento fotográfico sector céntrico de la ciudad de Coyhaique  
Fuente: Google Earth, 2016

## 5.2 MONITOREO DE VIVIENDAS

Dentro de las viviendas se instala un dispositivo que mide temperatura y humedad, un datalogger modelo 112-TMPRC4HC, que se coloca en un sector de la casa que no tenga mayores influencias por la estufa a leña a intervalos de 20 horas desde mayo hasta julio y a intervalos de 1 hora desde julio a mayo, el que posee las siguientes características:

- Rango de temperatura:  $-30^{\circ}$  hasta  $60^{\circ}$  C
- Rango Humedad: 0 a 99% sin condensación
- Número de mediciones: 16.000 registros
- Resolución:  $0,1^{\circ}$  y  $0,1\%RH$
- Precisión:  $\pm 0.1^{\circ}C$  y  $\pm 0.5\%RH$

- Intervalos de medición: múltiples intervalos desde 10 seg hasta 24 hrs (selección)
- Conexión a PC: a través de USB
- Tamaño:  $90*60*20mm$
- Peso neto: 150gr sin pilas y 200gr con pilas
- Alimentación: CR2450



## 5.3 MEDICIÓN DEL TRANSEPTO

Además, para poder realizar la investigación se han tranzado líneas para poder medir un transepto dentro de la zona con mayor saturación. Para esto, se medirá la temperatura a un kilómetro de la estación por la calle Almirante Simpson y Las Quintas, la distancia se ha dividido en cinco puntos a cada 200 metros.





Imagen 76 Puntos de medición en calle Simpson y Las Quintas  
Fuente: Elaboración propia en base a AUTOCAD, 2016

## 5.4 ENTREVISTA SEMI - ESTRUCTURADA

Como una primera aproximación de la percepción de los usuarios, se realizarán entrevistas con los propietarios de las viviendas seleccionadas para poder obtener nociones del pensamiento cultural de la población de Coyhaique.

Posteriormente, para tener una visión más detallada de la percepción de la población y saber si es factible la viabilidad cultural de la utilización de Energías Renovables No Convencionales para satisfacer las necesidades de calefacción y electricidad; y así poder disminuir el costo destinado a las demandas energéticas y en el futuro lograr la descontaminación de la ciudad de Coyhaique se realizarán entrevistas semi - estructuradas. Finalmente, para lograr obtener un porcentaje significativo de la percepción se escoge un porcentaje de muestreo, que para este caso se utilizará el 0,1 % de la población para ser entrevistado, lo que se traduce alrededor de 30 usuarios. Los que estarían segmentados a partir de las edades para poder establecer que grupo etario está más dispuesto al cambio.

Para esto se seleccionan 10 personas entre 20 - 30 años; 10 personas entre 30 - 50 años y 10 personas que sean mayores a 60 años.

### I. Antecedentes generales

1. Edad
  - a) 20 a 30 años
  - b) 30 a 40 años
  - c) 40 a 50 años
  - d) 50 a 60 años
  - e) 60 o más años
2. Sexo
  - a) Femenino
  - b) Masculino

### II. Antecedentes de uso

1. Año de construcción vivienda:
2. En que horarios hay usuarios al interior de la vivienda
  - a) Mañana
  - b) Tarde
  - c) Noche
  - d) Durante el día
3. Rango de horas de utilización del sistema de calefacción
  - a) 2 a 3 horas
  - b) 3 a 4 horas
  - c) 4 a 5 horas
  - d) 5 a 6 horas
  - e) 6 o más horas

### III. Percepción térmica

1. ¿Cómo percibe la sensación térmica al interior de la vivienda en invierno?

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

- a) Muy caluroso
  - b) Caluroso
  - c) Ligeramente caluroso
  - d) Neutro
  - e) Ligeramente fresco
  - f) Fresco
  - g) Frio
2. ¿Cómo percibe la sensación térmica al interior de la vivienda en verano?
- h) Muy caluroso
  - i) Caluroso
  - j) Ligeramente caluroso
  - k) Neutro
  - l) Ligeramente fresco
  - m) Fresco
  - n) Frio

#### IV. Consumo

1. ¿Cuánto gasta para calefaccionar la vivienda?
- a) \$20.000 a \$40.000
  - b) \$40.000 a \$60.000
  - c) \$60.000 a \$80.000
  - d) \$80.000 a \$100.000
  - e) Más de \$100.000
2. ¿Cuánto gasta en electricidad para la vivienda?
- f) \$20.000 a \$40.000
  - g) \$40.000 a \$60.000
  - h) \$60.000 a \$80.000
  - i) \$80.000 a \$100.000
  - j) Más de \$100.000

3. ¿Cree que el costo en calefacción y electricidad son excesivamente altos en comparación con otras regiones?

#### V. Viabilidad Cultural

1. ¿Qué le parece el sistema de calefacción actual y el grado de contaminación que provoca este al medio?
2. ¿Ud. estaría dispuesto a cambiar su sistema de calefacción actual por otro sistema más eficiente (ERNC) por el mismo valor?
- a) Si
  - b) No

### 5.5 EVALUACIÓN CALIFICACIÓN ENERGETICA DE VIVIENDA

Se realizará una simulación de los casos de estudio para identificar en qué nivel de demanda energética se encuentran actualmente las viviendas en Coyhaique, para poder tener una noción de las verdaderas condiciones y si estas se encuentran por sobre la letra estándar o inferior a este.

Para poder realizar esta simulación, se ingresa a la página oficial de Calificación Energética de Vivienda y se va al apartado de simulador de evaluaciones. Este simulador es gratuito y de fácil acceso.

Se ingresan los datos de la vivienda, como dimensiones, materialidad, equipos y sistemas, entre otros aspectos.



Imagen 77 Simulador CEV  
Fuente: MINVU, 2016

### 5.6 CUANTIFICACIÓN EN PROGRAMAS RETSCREEN

Para saber cuántos paneles solares son necesarios para poder satisfacer la necesidad de calefacción e iluminación en la ciudad de Coyhaique, se utilizará el programa RETSCREEN para poder cuantificar el número exacto según la exigencia de la demanda actual y la mitad de esta. Adicionalmente, se entregará un balance económico de si es viable o no el proyecto, a pesar que no es el fin de la investigación, pero para poder entender en cuanto tiempo se recupera la inversión.

RETSCREEN, es un programa gratuito de origen canadiense que requiere un dominio avanzado para poder realizar los diseños, para obtener el dominio se recurrió a la asesoría del profesor Roberto Román en el departamento de Beauchef. Los datos utilizados en el programa provienen de fuentes fidedignas y actualizadas. Pero para ser más cercana a la realidad local, se utiliza para radiación solar del explorador solar.



Imagen 78 Portada de programa RETSCREEN  
Fuente: Retscreen, 2016

## 5.7 PRESENTACION CASOS DE ESTUDIO



Imagen 79 Casos de estudios

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2016

## Vivienda 1

Ubicación: Cercana a la estación 1

Dirección: Almirante Simpson # 1131

Orientación: Norte

Materialidad:

Muros: Madera de pino y muro de ladrillo hecho a máquina (e=14cm).

Techumbre: estructura con cerchas de madera, cielo madera y cubierta de zinc.

Piso: radier de hormigón (e=x cm) y revestimiento de cerámica

Ventanas: vidrio simple con marco de aluminio

Numero de piso: 2 pisos

Número de personas: 4 personas

Metros cuadrados construidos: 70 m<sup>2</sup>

Numero de artefactos de combustión: 1 estufa

Instalación datalogger: 03/05/2016 a las 19:59 horas. Cada 20 horas.

2º Instalación: 14/07/2016 a las 18:12 horas. Cada 1 hora



Imagen 80 Ubicación Vivienda 1  
Fuente: Elaboración propia, 2016



Imagen 81 Presentación vivienda 1  
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2016



“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

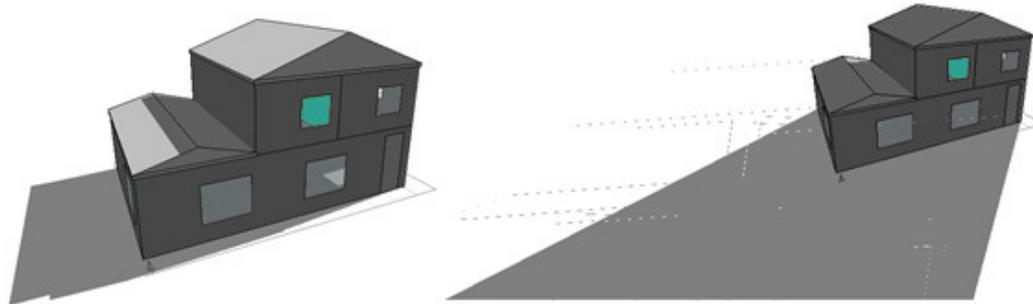


Imagen 82 Sombra arrojada para el solsticio de verano (izquierda) e invierno (derecha)  
Fuente: Ecotect, 2016

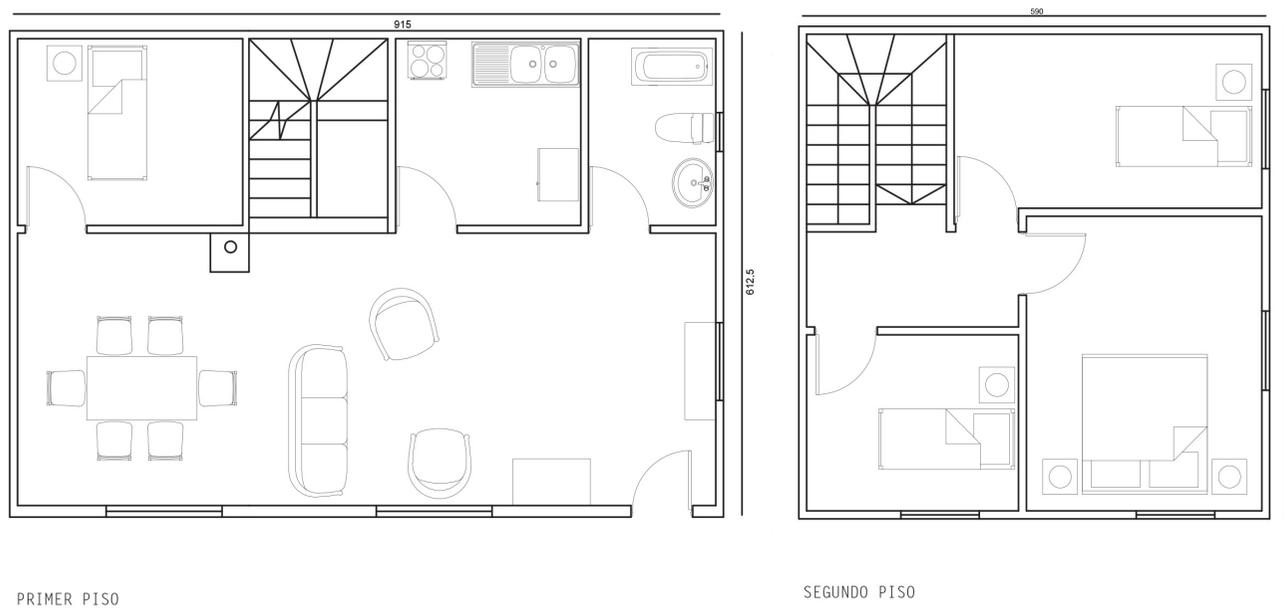


Imagen 83 Planimetría Vivienda Almirante Simpson  
Fuente: Elaboración propia, 2016

## Vivienda 2

**Ubicación:** a una distancia de 1 km de la estación 2

**Dirección:** Freire # 759

**Orientación:** Norte

**Materialidad:**

**Muros:** Madera de pino y muro de ladrillo hecho a máquina (e=14cm).

**Techumbre:** estructura con cerchas de madera, cielo madera y cubierta de zinc.

**Piso:** radier de hormigón (e=x cm) y revestimiento de cerámica

**Ventanas:** vidrio simple con marco de madera y aluminio

**Numero de piso:** 2 pisos

**Número de personas:** 4 personas

**Metros cuadrados construidos:** 97 m<sup>2</sup>

**Numero de artefactos de combustión:** 1 estufa

**Instalación datalogger:** 03/05/2016 a las 22:13 horas. Cada 20 horas.

**2º Instalación:** 14/07/2016 a las 13:16 horas cada 1 hora

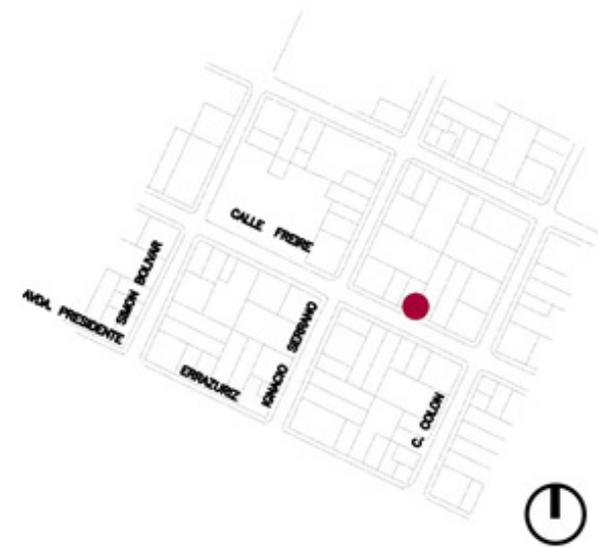


Imagen 84 Ubicación Vivienda 2  
Fuente: Elaboración propia, 2016



Imagen 85 Presentación vivienda 2  
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2016

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

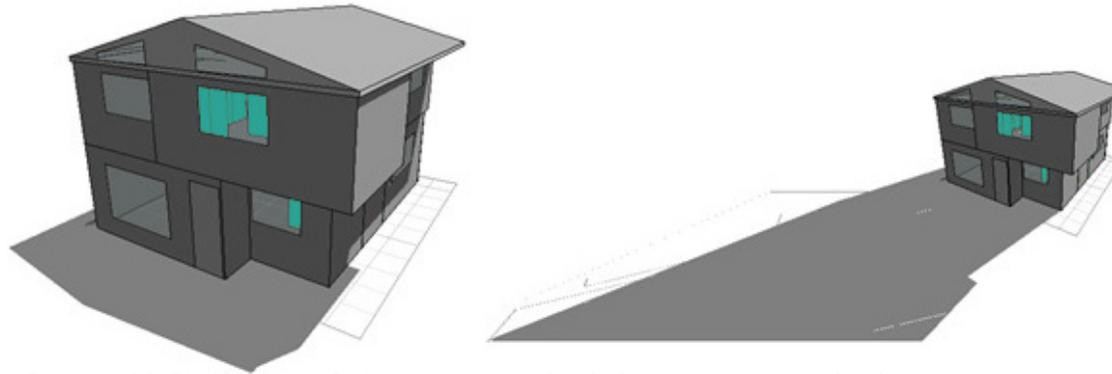
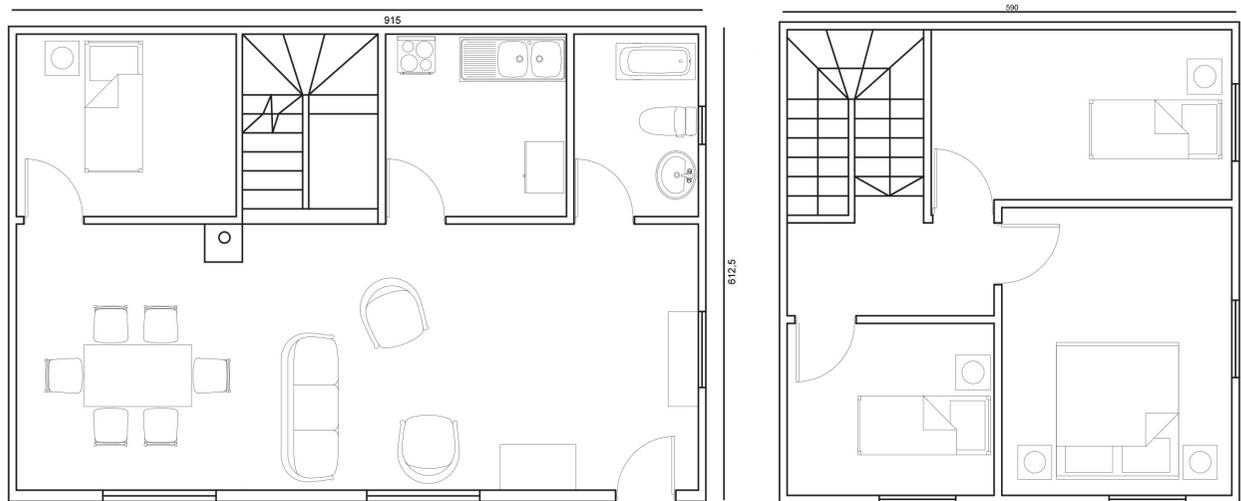


Imagen 86 Sombra arrojada para el solsticio de verano e invierno  
Fuente: ecotect, 2016



PRIMER PISO

SEGUNDO PISO

Imagen 87 Planimetría vivienda Freire  
Fuente: Elaboración propia, 2016



CAPITULO 6 RESULTADOS

## 6.1 RESULTADOS ETAPA 1 (MAYO - JUNIO)

Dentro de esta etapa del registro se monitorea el solsticio de invierno el día 20 de junio para ambas viviendas.

Vivienda 1

### 6.1.1 Monitoreo de temperatura y humedad

Se realizan 87 registros cada 20 horas en los meses de mayo, junio y julio. El datalogger fue retirado el día 14 de julio, por lo que los días que se contemplan en ese mes son solo referenciales, pero no representa los resultados finales del mes, como se entregara en la etapa 2.

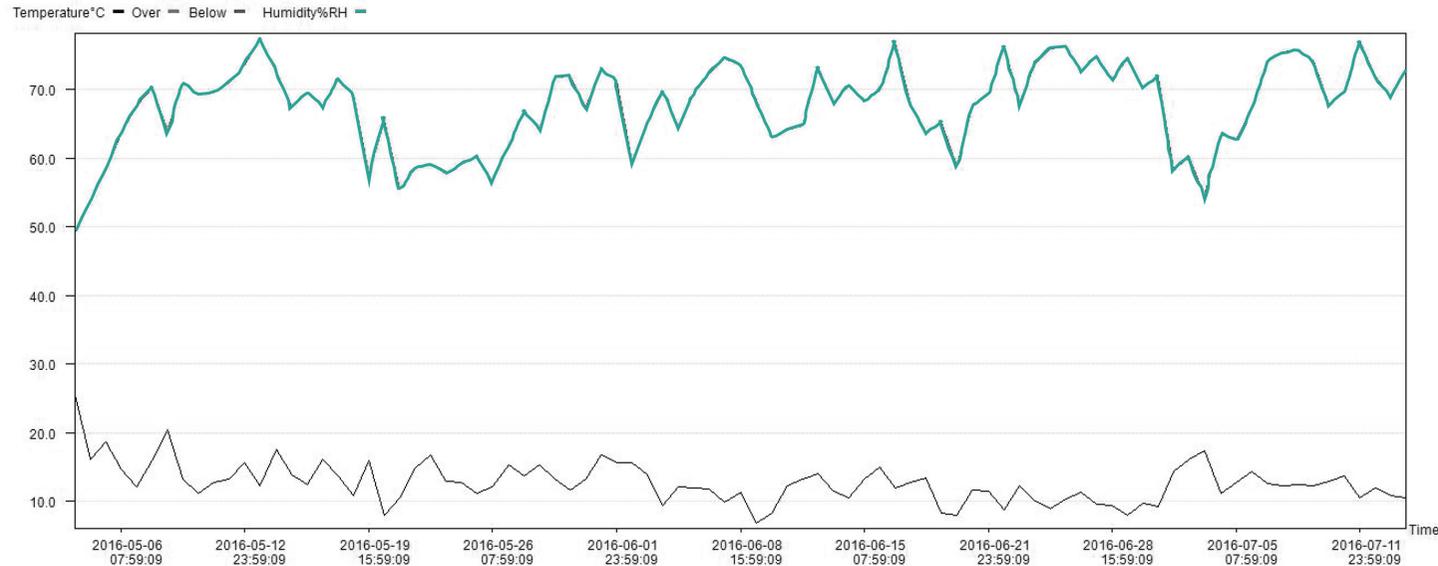


Imagen 88 Registro de la primera Etapa de monitoreo vivienda 1  
Fuente: Datalogger, 2016

Las temperaturas más bajas durante el día en la vivienda son alrededor de las 7:00 y 11:00 horas, debido a que los usuarios se encuentran durante la noche y no en el día. Y las temperaturas más elevadas son alrededor de las 20:00 horas que es cuando ya las personas al llegar a la vivienda después de un día laboral.

La vivienda se encuentra casi un 10% del tiempo dentro de la banda de confort fijada por los usuarios que va desde los 16°C a 18°C.

Para el solsticio de invierno se registra una temperatura de 8°C y una humedad relativa de 58,8%.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

Parámetro	Temperatura (°C)	Humedad (%RH)
Máxima	25,6	74,5
Mínima	6,8	40
Promedio	12,7	49,5

Tabla 17 Tabla de temperatura y humedad promedio vivienda 1 Etapa 1

Fuente: Elaboración propia, 2016



Imagen 89 Temperatura y humedad Etapa 1 vivienda 1

Fuente: Elaboración propia, 2016

Al interior de la vivienda las temperaturas que se obtienen de un promedio mensual son bastante diversas, destacándose el mes de junio como el más frío, ya que es donde se obtiene el menor promedio de temperaturas interiores y mayo el mes que presenta las mayores

temperaturas. La humedad relativa en los tres meses de monitoreo es alta por lo que va desde 67% a 72.9 %, respectivamente, destacándose este último por ser el mayor porcentaje de humedad relativa.

### 6.1.2 Encuesta a usuarios

Se realiza una encuesta al jefe de hogar para obtener una primera aproximación a los patrones de usos de la vivienda.

PREGUNTAS	CASA 1
1. Edad	50 a 60 años
2. Sexo	Femenino
3. Usuarios en la vivienda	Noche
4. Horas de calefacción	4 a 5 horas
5. Temperatura ideal en la vivienda	16 a 18 °C
6. Factor de referencia elección sistema de calefacción	Consumo (es la opción que entrega la región)
7. Importancia medio ambiente	7
8. Dispuesto a cambiar el sistema de calefacción actual	Si
9. Utilización de energía limpia para calefacción	Si
10. Sensación térmica	Fresco
11. Gasto en calefacción mensual	Más de \$100.000

## 6.2 RESULTADOS ETAPA 2 (JULIO - AGOSTO - SEPTIEMBRE)

Se realizan 1894 registros cada 1 hora en los meses de julio, agosto y septiembre. En la etapa 2 se registra el equinoccio de primavera el día 22 de septiembre.

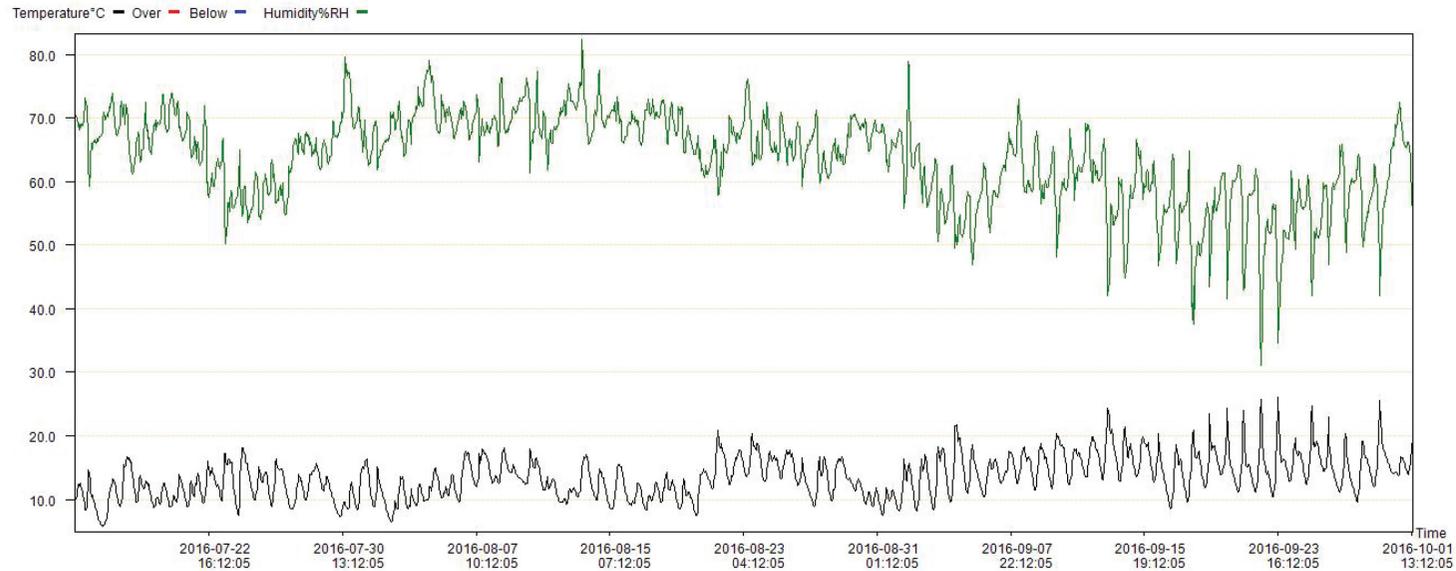


Imagen 90 Registro de la segunda Etapa de monitoreo vivienda 1  
Fuente: Datalogger, 2016

Las temperaturas más bajas se registran entre las 8:00 y 9:00 horas en donde se observan temperaturas de 7°C a 10°C, lo que se condice con los patrones de uso de la vivienda que presenta mayor presencia de usuarios en la tarde noche que durante el día, lo que en estos horarios la calefacción se encuentra apagada.

Entre las 15:00 y 17:00 horas se observan temperaturas bastante altas para no encontrarse la calefacción encendida que van desde los 14°C a 15°C, lo que se debe a las ganancias durante el día por radiación solar.

Alrededor de las 20:00 horas comienzan a subir las temperaturas, debido al encendido de la calefacción, registrándose temperaturas más altas sobre los 16°C entre las 22:00 y 01: 00 horas, esto se debe a que la vivienda a homogenizado el calor entregado por la combustión al interior de la vivienda.

Los fines de semana, desde las 15:00 horas se registran temperaturas más altas que en días de semana, ya que al ser días no laborales los usuarios se encuentran mayor tiempo al interior de la vivienda recibiendo ganancias térmicas tanto de los usuarios como de la calefacción que es prendida más horas durante día.

Además, se aprecia un aumento de las temperaturas mínimas alcanzando temperaturas alrededor de los 11 ° C. En cuanto a la humedad relativa, el mes de julio es donde se observan los mayores porcentajes de humedad al interior de la vivienda, esto debido a las temperaturas más bajas durante este mes.

El mes de agosto continúa las humedades altas, ya que las temperaturas que se registran son bajas. En cambio, en el mes de septiembre descienden por el aumento de las temperaturas interiores.

A pesar, que generalmente si hay temperaturas bajas la humedad es alta en algunos casos en donde aumenta la temperatura, pero esta no disminuye.

Para el equinoccio de primavera se registra una temperatura promedio de 15,5°C y una humedad relativa promedio de 52,2%.

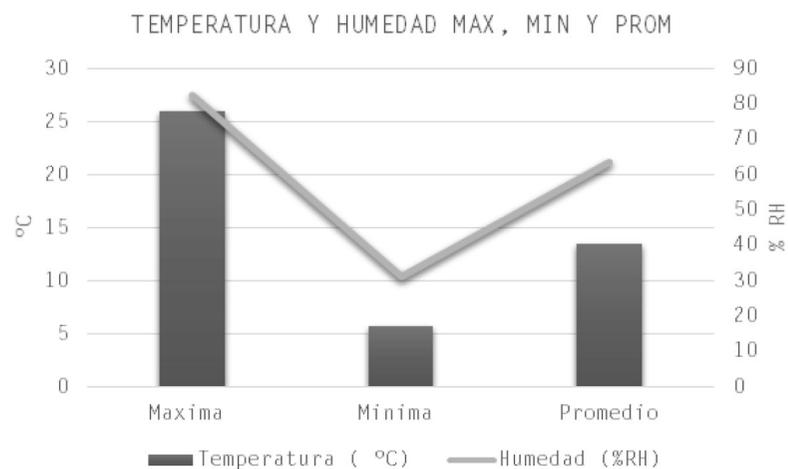
Parámetros	Temperatura ( °C)	Humedad (%RH)
Máxima	26	82,4
Mínima	5,7	31,1
Promedio	13,5	63,5

Tabla 18 Tabla de temperatura y humedad promedio vivienda 1 Etapa 2

Fuente: Elaboración propia, 2016

La temperatura y humedad promedio en la vivienda 1, en comparación con la primera etapa de registro presenta mayores valores. En relación a la temperatura esta aumentó en casi 1°C, ya que las temperaturas máximas registradas son mayores. En cuanto a la humedad esta es mayor que la etapa 1, porque la diferencias entre la máxima y la mínima es más amplia que en la anterior.

En general, el promedio no alcanza a estar en la zona de confort, pero a medida que pasan los meses este aumenta.



Según el grafico el mes más frio corresponde a julio y se ve una considerable alza en el mes de septiembre en donde se observan las mayores temperaturas al interior de la vivienda. En cuanto a la humedad esta es mayor en el mes de agosto y disminuye en el mes de septiembre.

## Vivienda 2

### 6.2.1 Monitoreo de temperatura y humedad

Se realizan 87 registros dentro de los meses de mayo, junio y julio. Dentro de esta etapa se registra el solsticio de invierno para el día 20 de junio.

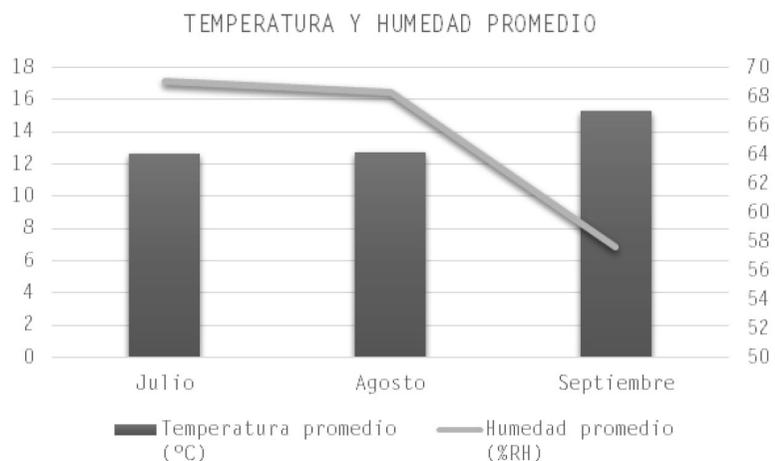


Imagen 91 Temperatura y humedad Etapa 2 vivienda 1  
Fuente: Elaboración propia, 2016

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

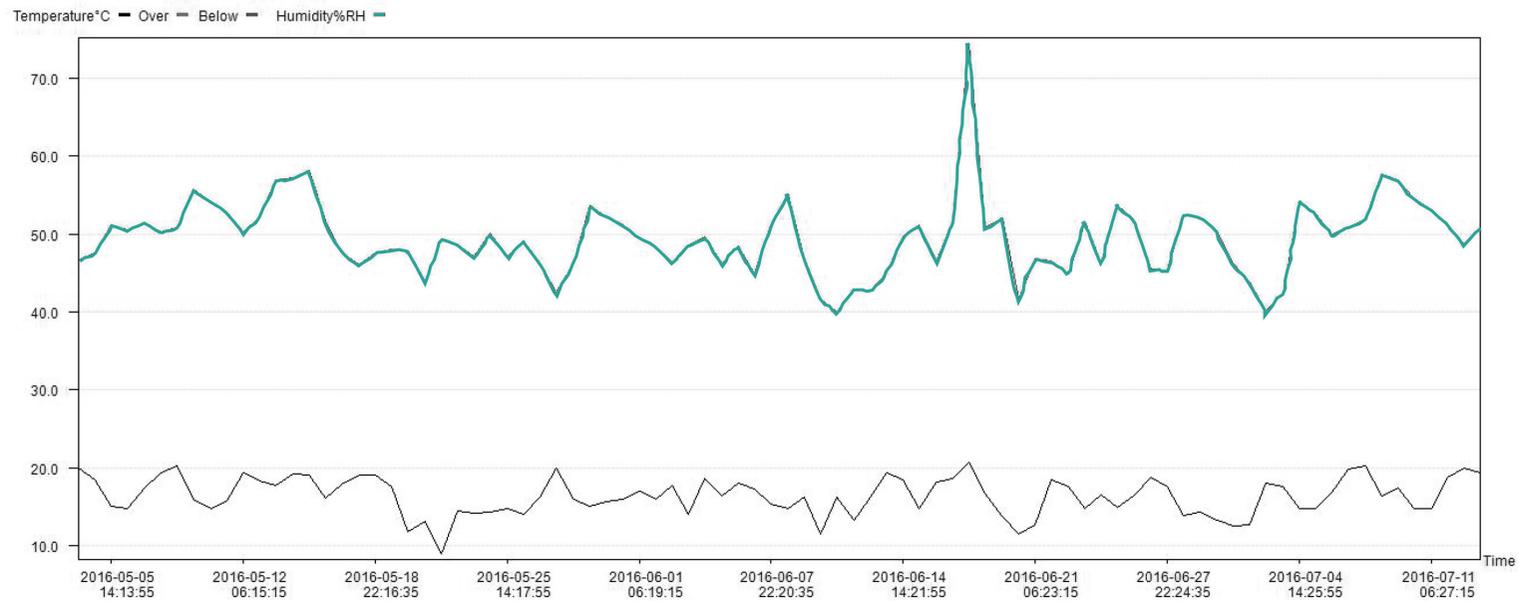


Imagen 92 Registro de la primera Etapa de monitoreo vivienda 2  
Fuente: Datalogger, 2016

Las temperaturas más bajas que se encuentran en la vivienda es alrededor de las 7:00 y 10:00 horas, debido a que en ese horario las personas están saliendo de la vivienda para comenzar el día laboral y posteriormente la temperatura es constante alrededor de los 11°C dentro de las siguientes horas. Las temperaturas más altas se alcanzan a partir de las 19:00 horas, siendo las 22:00 horas el horario con mayor temperatura.

Para el día del solsticio de invierno se registra una temperatura de 11,5°C y una humedad relativa de 41,6%.

La vivienda se encuentra un 32% dentro de la banda de confort definida por los usuarios que va desde los 16°C a 18°C.

Parámetro	Temperatura (°C)	Humedad (%RH)
Máxima	20,7	77,4
Mínima	8,9	49
Promedio	16,4	67,6

Tabla 17 Tabla de temperatura y humedad promedio vivienda 2  
Etapa 1

Fuente: Elaboración propia, 2016

El promedio de las temperaturas obtenidas en esta etapa se encuentran en la zona de confort.

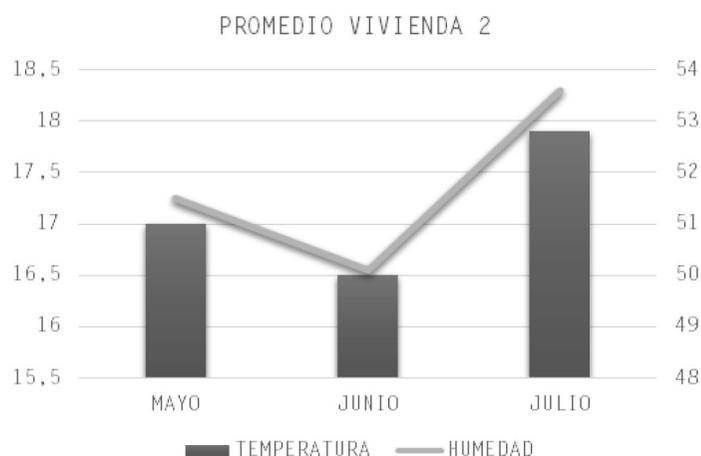


Imagen 93 Temperatura y humedad promedio vivienda 2  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Las temperaturas obtenidas al interior de la vivienda a partir de un promedio son relativamente muy parejas en los tres meses monitoreados, siendo el mes de junio el mes más helado y el mes de julio el que presenta mayores temperaturas. Para el caso de la humedad, se

presenta de manera similar a las temperaturas teniendo un comportamiento parejo que va desde los 50.1 % a 53.6 %, pero el mes que se destaca por sobre el resto es el mes de julio con una mayor humedad relativa.

### 6.2.2 Encuesta a Usuarios

PREGUNTAS	CASA2
1. Edad	50 a 60 años
2. Sexo	Femenino
3. Usuarios en la vivienda	Noche
4. Horas de calefacción	4 a 5 horas
5. Temperatura ideal en la vivienda	16 a 18 °C
6. Factor de referencia elección sistema de calefacción	Cuidado medio ambiental (estufa certificada)
7. Importancia medio ambiente	7
8. Dispuesto a cambiar el sistema de calefacción actual	Si
9. Utilización de energía limpia para calefacción	Si
10. Sensación térmica	Ligeramente fresco
11. Gasto en calefacción mensual	Más de \$100.000

### 6.3 RESULTADOS ETAPA 2 (JULIO - AGOSTO - SEPTIEMBRE)

Se realizan 1916 registros cada 1 hora en los meses de julio, agosto y septiembre. En esta etapa se

registra el equinoccio de primavera para el día 22 de septiembre.

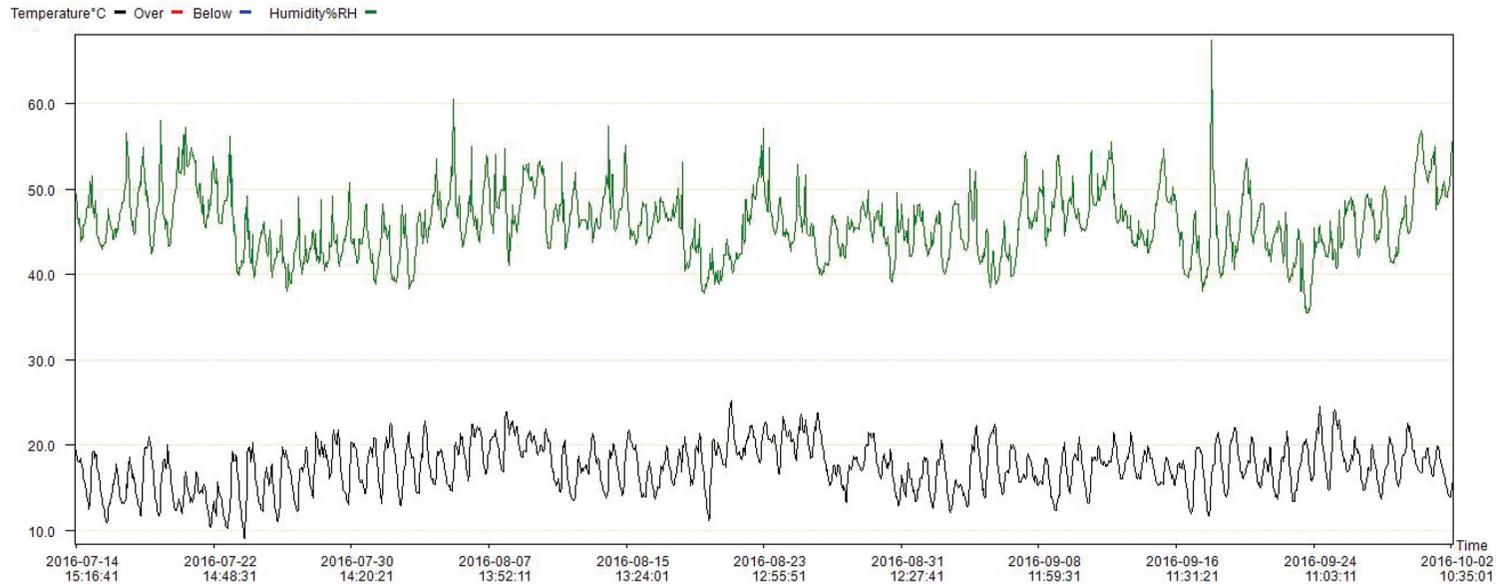


Imagen 94 Registro de la Segunda Etapa de monitoreo vivienda 2  
Fuente: Datalogger, 2016

Las temperaturas más bajas se registran entre las 08:00 y 09:00 horas, esto es debido a que la calefacción ya lleva unas horas apagada y la vivienda ha perdido calor. Además, los usuarios se han retirado del hogar para un día laboral disminuyendo aún más las ganancias internas.

Desde las 15:00 horas hasta alrededor de las 01:00 horas se observa un aumento en las temperaturas llegando a los 18°C y 20 °C, ya que la vivienda ha absorbido el calor de la radiación solar durante el día y después de las 18:00 horas recibe el aporte térmico que entrega la calefacción a leña.

En el mes de julio se registran las temperaturas más bajas en comparación con los otros meses. Los fines de semana las temperaturas aumentan, debido a que cambia el rango de utilización de la calefacción observándose temperaturas alrededor de los 11°C como mínimo.

Los días en que no hay temperaturas superiores a los 20°C, las temperaturas más altas se concentran en el rango de las 00:00 y 01:00 horas. Esto se debe a que en este horario la vivienda presenta la mayor cantidad de ganancias térmicas, las cuales durante la madrugada comienza a liberarlas.

En general, los fines de semana hay temperaturas más constantes que durante los días de semana, exceptuando entre las 08:00 y 10:00 horas que se encuentran las temperaturas más bajas al igual que durante la semana.

En relación a la humedad, esta varía entre los 40 y 60% siendo porcentajes mayoritariamente constantes durante los meses registrados, exceptuando el mes de julio que es donde se registraron los mayores porcentajes de humedad relativa al interior de la vivienda.

Por otra parte, cuando se presentan temperaturas más bajas, la humedad se conserva en un rango entre 45 y 50%.

El día de equinoccio de primavera se registra una temperatura promedio de 17,2°C y una humedad relativa promedio de 44%.

Parámetro	Temperatura (°C)	Humedad (% RH)
Máxima	25,2	67,5
Mínima	9	35,5
Promedio	17,5	45,9

Tabla 18 Tabla de temperatura y humedad promedio vivienda 2  
Etapa 2

Fuente: Elaboración propia, 2016

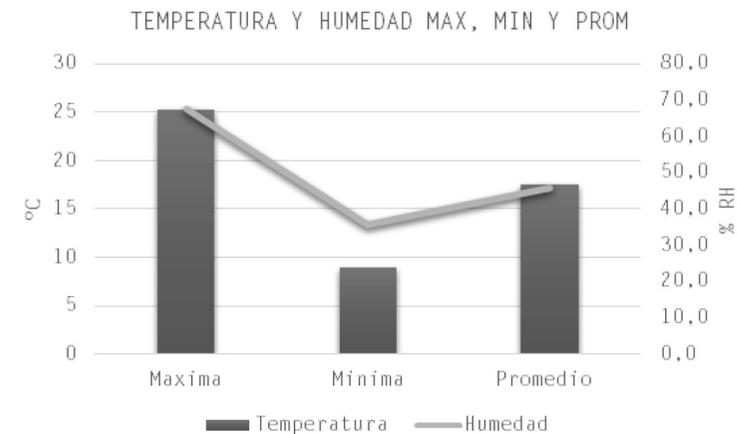


Imagen 95 Temperatura y humedad promedio vivienda 2

Fuente: Elaboración propia, 2016

La temperatura máxima en comparación con la primera etapa aumento en 5°C, además de registrarse una humedad relativa máxima inferior a los 77 % de la fase anterior. En cuanto a los promedios en ambas etapas se encuentran en la zona de confort, pero en la etapa 2 se logra mayores temperaturas que ayudan a una mayor habitabilidad al interior de la vivienda.

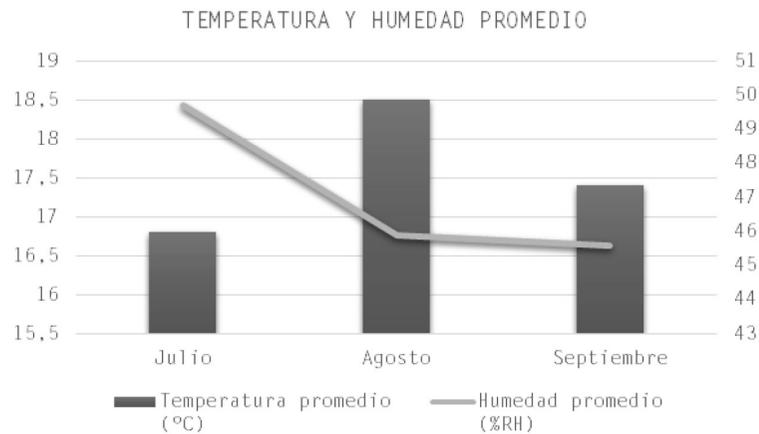
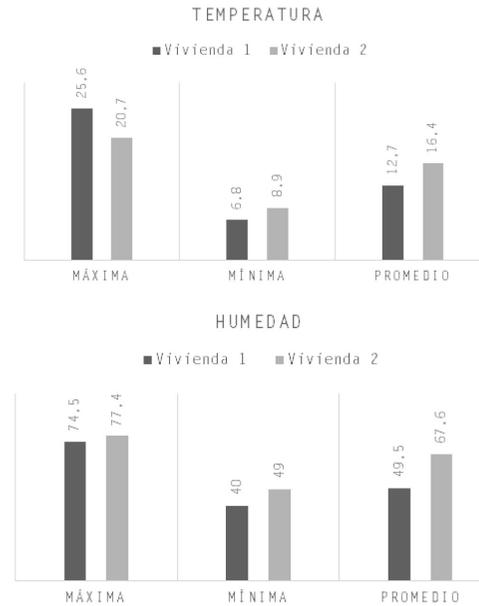


Imagen 96 Temperatura y humedad promedio vivienda 2  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Dentro de los promedios en los meses registrados, el mes de julio es el que presenta el menor promedio con 15,8°C, el cual no llega a la zona de confort establecida por los jefes de hogares, en el mes de agosto y septiembre aumenta la temperatura promedio alcanzando la banda de confort térmico al interior de la vivienda.

## 6.4 COMPARACIÓN ETAPA 1



Al comparar las temperaturas máximas, mínimas y promedio se puede apreciar que la temperatura máxima es de la vivienda 1 que a su vez tiene la temperatura mínima más baja presentando una mayor oscilación térmica interior que la vivienda 2, la cual presenta temperaturas más constantes y su promedio de temperatura se acerca al rango de confort consultado en la encuesta.

En relación a la humedad, ambas viviendas presentan comportamientos similares en la humedad máxima y mínima, variando principalmente el promedio, ya que la vivienda 2 presenta una mayor humedad relativa que la vivienda 1.

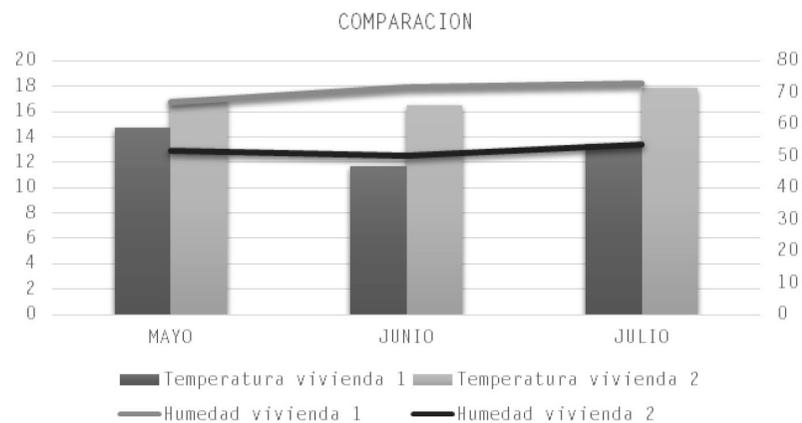


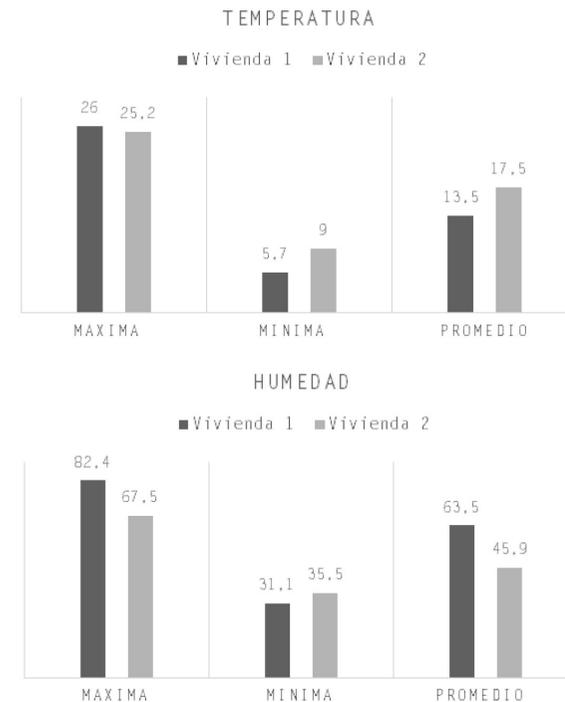
Imagen 97 Comparacion Etapa 1  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Al analizar los casos de estudio mes a mes, se puede apreciar que la casa 2 presenta mayores promedios de temperatura y menores valores de humedad relativa, a diferencia de la casa 1 que presenta un comportamiento inverso, lo cual debe ser a patrones de uso al interior de la vivienda. Además para el día del solsticio de invierno, ambas viviendas tienen el mismo comportamiento que en los demás días, habiendo una diferencia de 3°C de temperatura.

## 6.5 COMPARACIÓN ETAPA 2

En comparación con la otra vivienda monitoreada, la vivienda 2 presenta mayores temperaturas, ya que se encuentra alejada de la zona de mayor contaminación en la ciudad de Coyhaique.

Pero en relación a la máxima temperatura registrada, la vivienda 1 posee mayor temperatura que la otra, esto llevado al promedio se puede apreciar que la vivienda 1 tiene mayor oscilación térmica al interior que la vivienda 2, que presenta temperaturas más constante e intervalos menores.



En cuanto al parámetro de humedad, la vivienda 1 sobrepasa la humedad máxima y promedio en comparación con la vivienda 2, encontrándose nuevamente una mayor oscilación en la vivienda 1 que en la vivienda 2 que

mantiene rangos más constantes entre los 35,5 % - 67,5%.

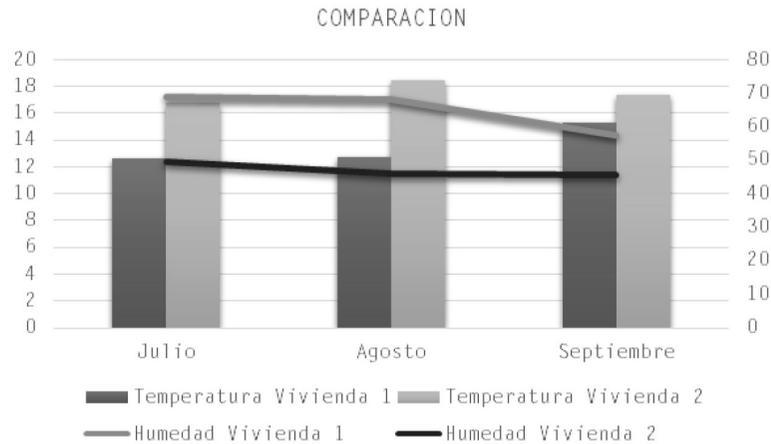


Imagen 98 Comparacion Etapa 2  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Al comparar las viviendas en una segunda etapa y analizando uno de los meses más frío como julio, se aprecia nuevamente que la vivienda 2 presenta mayores temperaturas que la vivienda 1 encontrándose en el mes de julio, agosto y septiembre en la banda de confort establecida, a diferencia de la vivienda 1 que las temperaturas interiores aumentan a medida que aumentan las temperaturas exteriores. Se observa que el mes de septiembre es el mes que presenta mayores temperaturas encontrándose más cercano a la zona de confort, pero sin llegar a esta. Las temperaturas promedio del mes de julio en la vivienda 1 se encuentran más alejadas de esta zona, debido a la gran contaminación que se genera este mes. Para el día del equinoccio se presenta una

diferencia de temperatura entre ambas al igual que el resto de los meses.

En relación a la humedad, estas siguen siendo mayores en la vivienda 1, registrándose un mayor promedio en el mes de agosto. En cambio, en la vivienda 2 se mantiene durante los meses registrados una humedad constante, observándose un alza en el mes de agosto al igual que la otra vivienda.

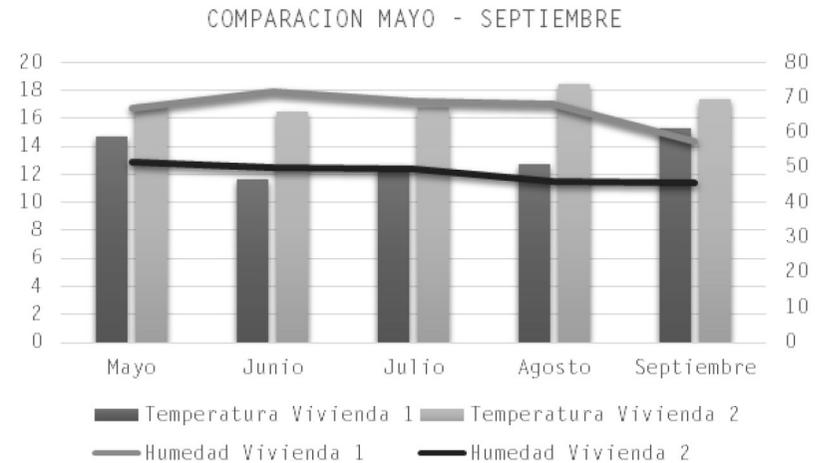


Imagen 99 Comparacion todos los meses monitoreados  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Al comparar todos los meses monitoreados se observa que, en todos los meses la vivienda 2 presenta mayores temperaturas que la vivienda que se encuentra en la zona de mayor contaminación, siendo el mes de agosto

el que registra mayores temperaturas para la vivienda 2 y septiembre el que obtienen más altas temperaturas en la vivienda 1. El mes que presenta el menor promedio de temperaturas para la vivienda 1 es el mes de junio, en cambio para la vivienda 2 es el mes de julio. En general se aprecia un mejor comportamiento térmico en la vivienda que se encuentra más alejada de la zona de mayor contaminación, ya que se registran promedios mensuales de temperaturas en la zona de confort o muy cercanas a estas, en cambio en la vivienda que se encuentra en la zona de contaminación presenta temperaturas menores, que no alcanzan en ninguno de los meses un promedio dentro de la banda de confort.

Lo anterior significa que la vivienda 2 tiene una mejor habitabilidad en los espacios interiores que la vivienda 1, por lo tanto, el confort térmico de la vivienda 2 es cuatro veces aproximadamente mejor que el de la vivienda 1. Esto debido a que, la vivienda 2 tiene alrededor de un 80 % de rendimiento mejor que la vivienda 1 que solo obtiene un 20 %.

Finalmente, a partir del monitoreo de las viviendas en los meses de mayo a septiembre, se arroja que la vivienda 2 presenta en el interior un promedio de 4°C más que la vivienda 1. Siendo más fría la vivienda 1 en un porcentaje considerable.

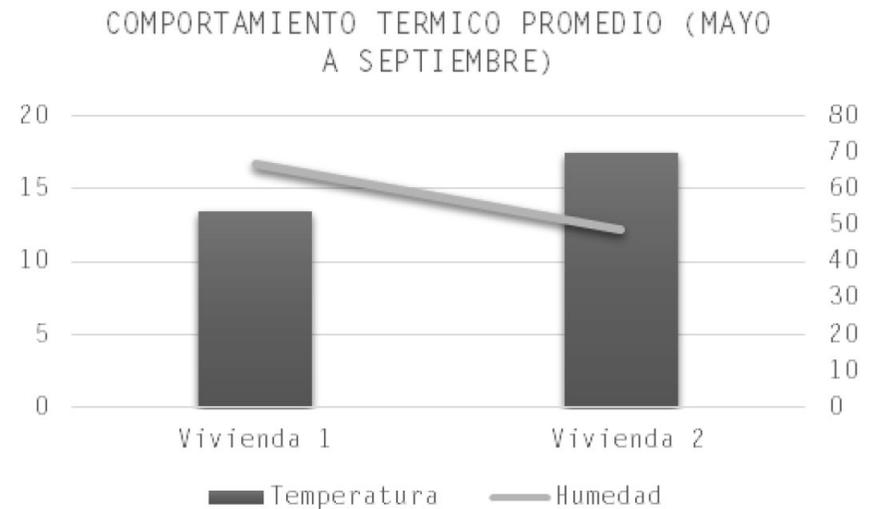


Imagen 100 Comparación térmica  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Finalmente se hace una comparación entre la temperatura exterior y temperatura interior de la vivienda para ver las diferencias de ambas para un mismo día, en este caso para el día 21 de julio. Los datos para las temperaturas exteriores son obtenidos del Ministerio de Medio Ambiente de la estación de Coyhaique y la interiores a través del monitoreo (Ver anexo 1).

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

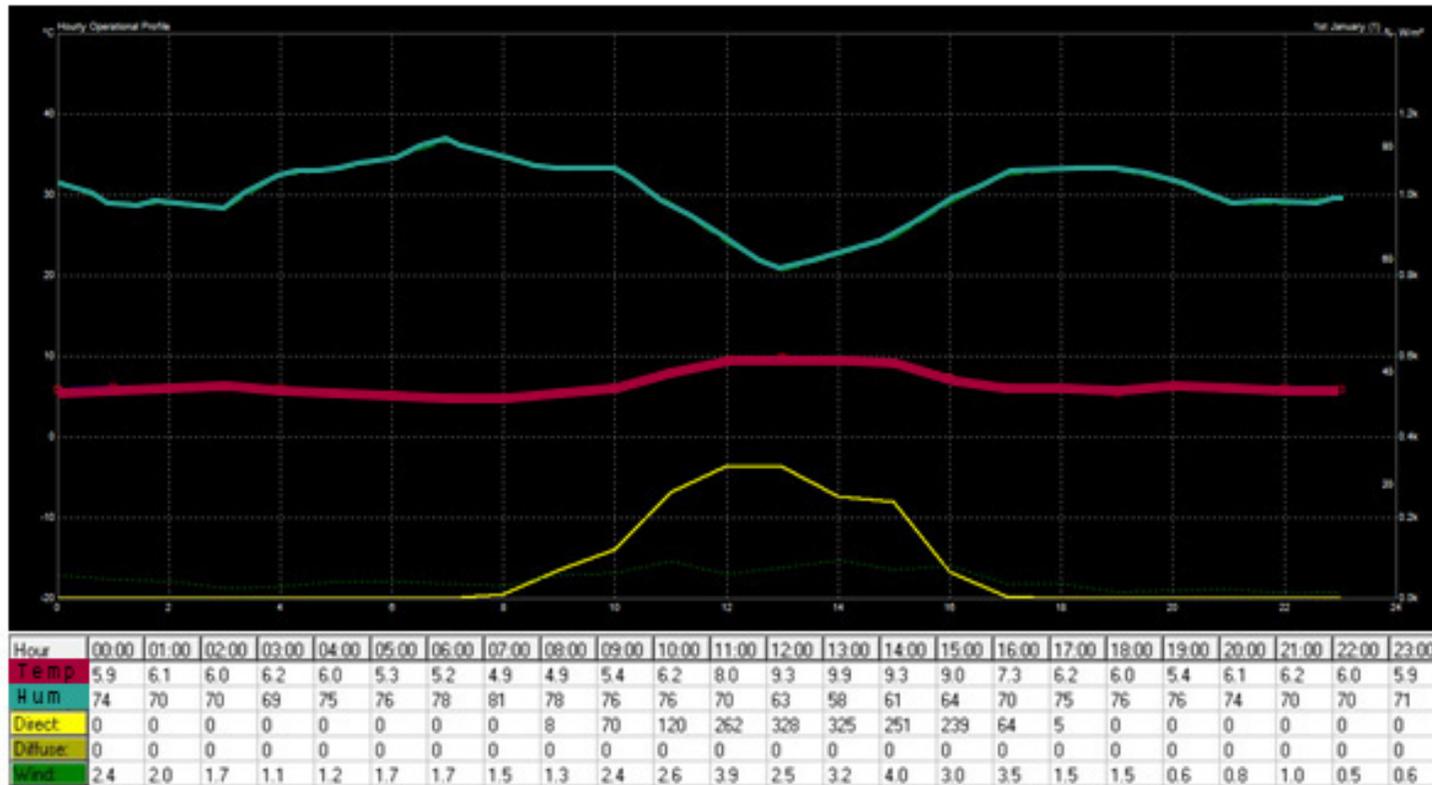


Imagen 101 Temperaturas exteriores y humedad para el día 21 de julio en Coyhaique Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en el Ministerio de Medio Ambiente, 2016

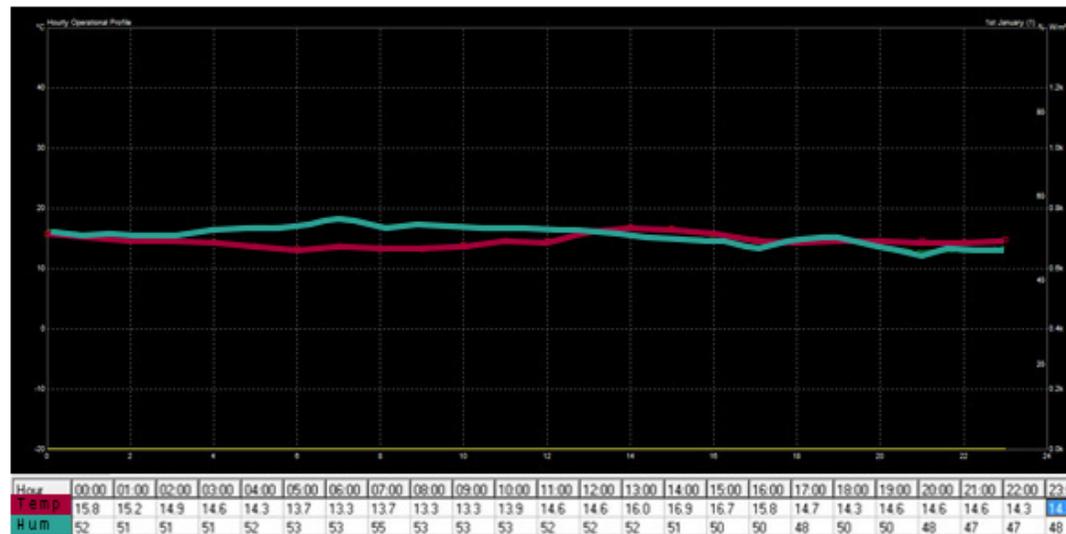
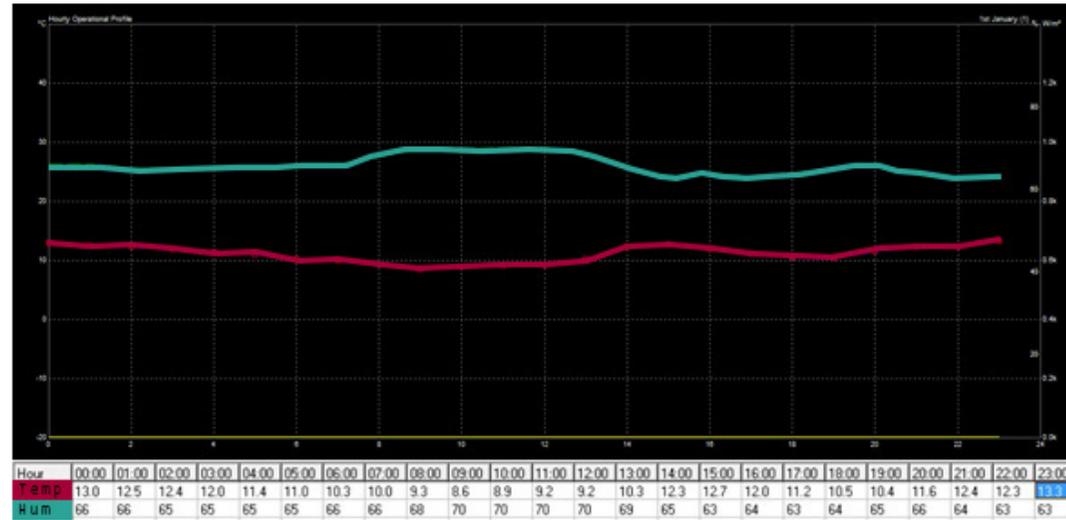


Imagen 102 Temperatura interior y humedad relativa para el día 21 de julio de la vivienda 1 y 2  
Fuente: elaboración propia según datos obtenidos en el monitoreo, 2016

## 6.6 COMPARACION ENCUESTAS USUARIOS

La mayoría de las preguntas de la encuesta tienen las mismas respuestas, sin embargo, hay dos preguntas que tienen diferencia una es el factor de elección del artefacto de calefacción y la sensación térmica actual de la vivienda, lo cual se reafirma que la vivienda 1 sienta que su vivienda tiene una sensación térmica fresca, ya que sus temperaturas son menores que la vivienda 2.

Preguntas	Vivienda 1	Vivienda 2
Horas de calefacción	4 a 5 horas	4 a 5 horas
Temperatura ideal en la vivienda	16 a 18 °C	16 a 18 °C
Factor de referencia elección sistema de calefacción	Consumo (es la opción que entrega la región)	Cuidado medio ambiental ( estufa certificada)
Dispuesto a cambiar el sistema de calefacción actual	Si	Si
Sensación térmica	Fresco	Ligeramente fresco
Gasto en calefacción mensual	Más de \$100.000	Más de \$100.000

Tabla 19 Resumen encuesta ejes de hogares  
Fuente: Elaboración propia, 2016

## 6.7 MEDICIONES DE TRANSEPTO

En esta experimentación se realizan mediciones de transeptos para determinar si hay variaciones en el clima dado por las condiciones geográficas, climáticas, locales, urbanísticas, ente otras. Con la finalidad de ver si la morfología urbana afecta al barrio y si la ciudad es afectada por la isla de calor. Entendiendo como antecedentes que la topografía regional afecta al clima y modificando el clima este trae como consecuencia el cambio climático que tiene efectos globales en el mundo (Cárdenas et al, 2015).

Para hacer el estudio del microclima se considera una escala local, que corresponde a una unidad más pequeña del clima regional y sus rasgos están caracterizados por condiciones locales del paisaje del lugar (Cárdenas et al, 2015). Esta escala tiene la extensión entre un kilómetro en sentido horizontal y unos 100 m en sentido vertical.

Es por esto que se eligen dos calles con una extensión de kilómetro teniendo como punto central la estación de monitoreo, a partir de eso se trazan tramos cada 200 metros.

### 6.7.1 Calle Simpson



Imagen 103 Levantamiento fotográfico de tramos calle Simpson  
Fuente: Google Earth, 2016

CORTE SENTIDO ORIENTE - PONIENTE ALMIRANTE SIMPSON

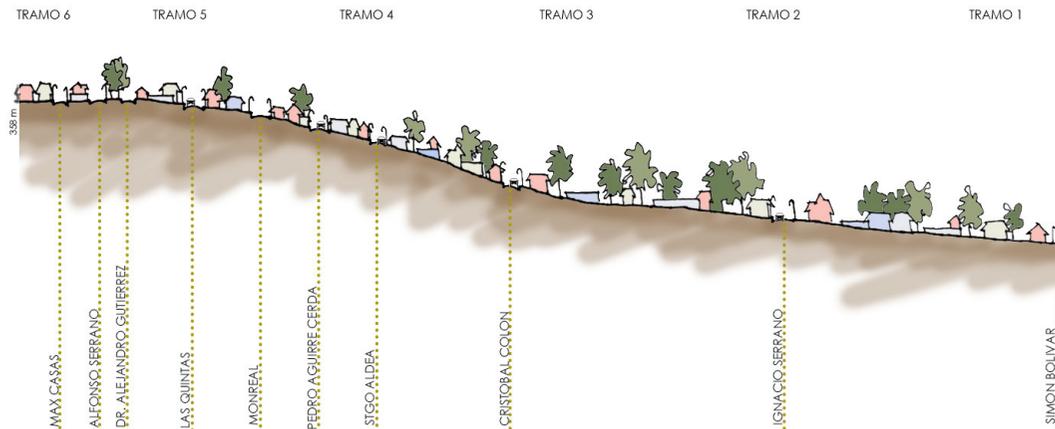
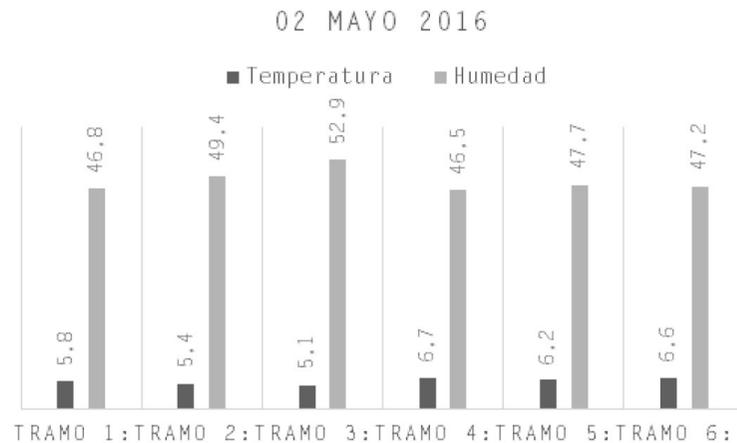
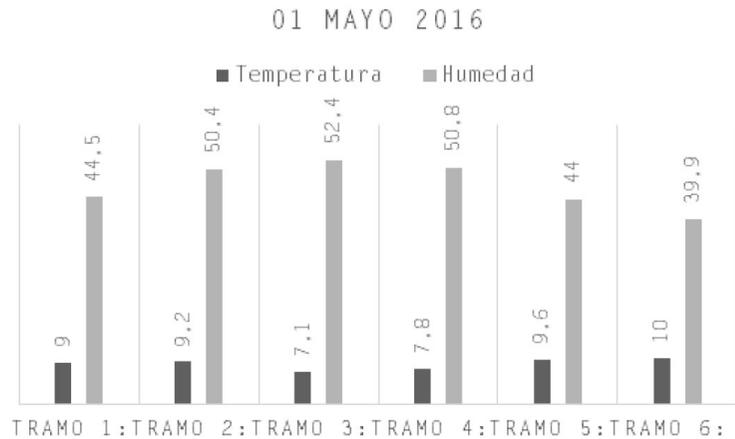


Imagen 104 Corte calle Simpson  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Temperaturas exteriores según Meteorología de Chile a las 12:00 hrs:

01 Mayo 2016	7,5 °C
02 Mayo 2016	7,3 °C

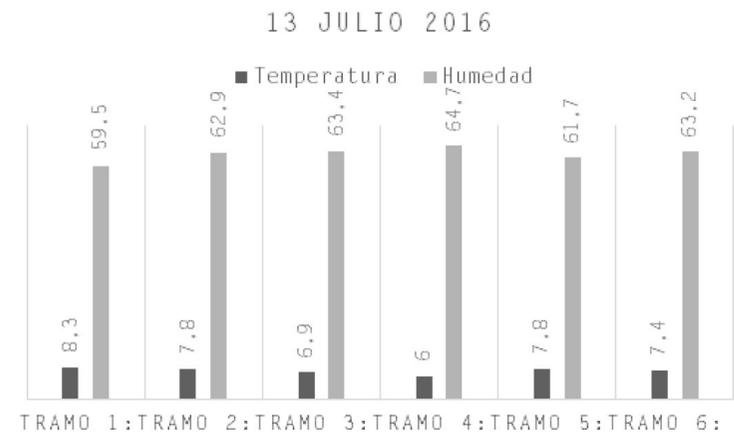


Las temperaturas para el 01 de mayo son mayores que para el 02 de mayo, en cuanto a la humedad relativa, estas son similares para ambas fechas. Sin embargo, según las temperaturas obtenidas en meteorología la calle Simpson para el 01 de mayo presenta temperaturas mayores a las estimadas y para el 02 de mayo inferiores a las que presenta la ciudad en sí.

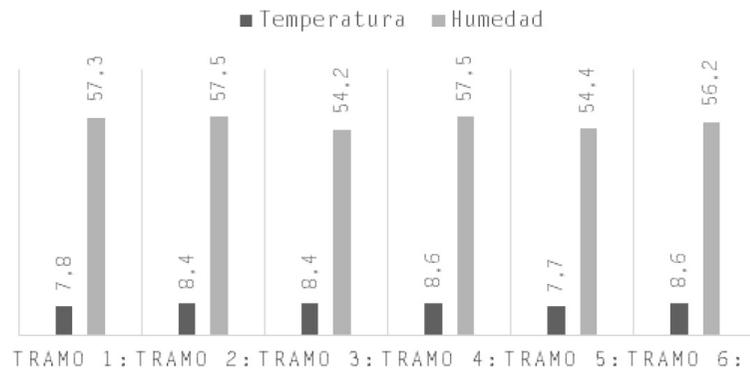
El tramo que presenta mayor temperatura corresponde al tramo que presenta mayor pendiente, lo que ayuda aumentar su temperatura alejarse de la zona de mayor contaminación.

Temperaturas exteriores según Meteorología de Chile a las 12:00 hrs:

13 Julio 2016	4,7 °C
14 Julio 2016	4,1 °C



14 JULIO 2016



Las temperaturas durante el mes de julio para fechas en que se realizan las mediciones, presentan un comportamiento térmico parecido. Para la humedad relativa, hay una mayor alza en las mediciones para el día 13 de julio, esto debido a que ese día había un día lluvioso que aumenta la humedad ambiente. Las temperaturas obtenidas, son mayores a las que presenta meteorología.

### 6.7.2 Calle Las Quintas



Imagen 105 Levantamiento fotográfico de tramos calle Las Quintas  
Fuente: Google Earth, 2016

CORTE SENTIDO NORTE - SUR LAS QUINTAS

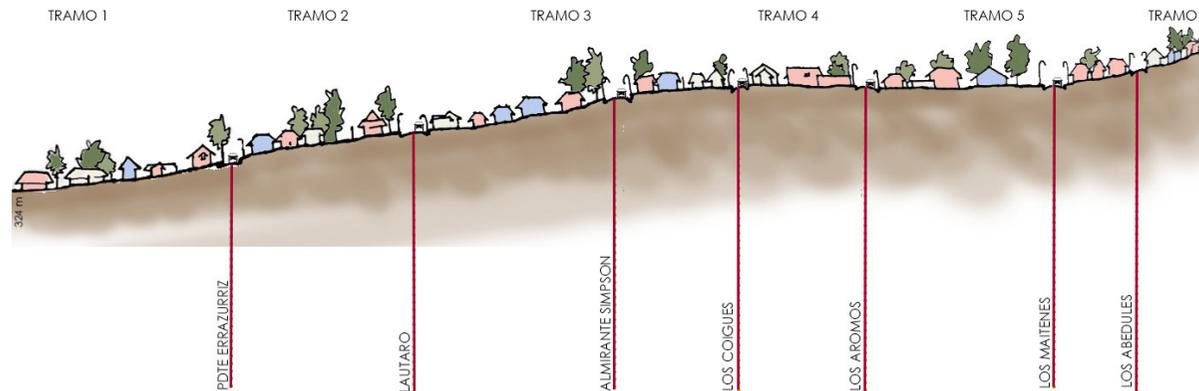
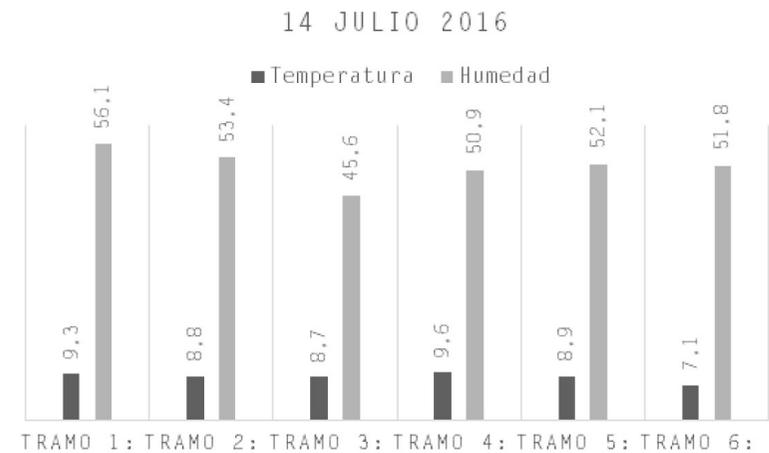
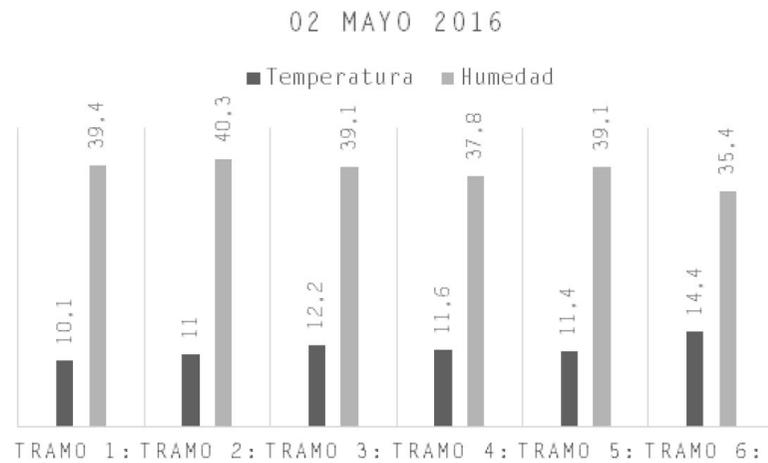
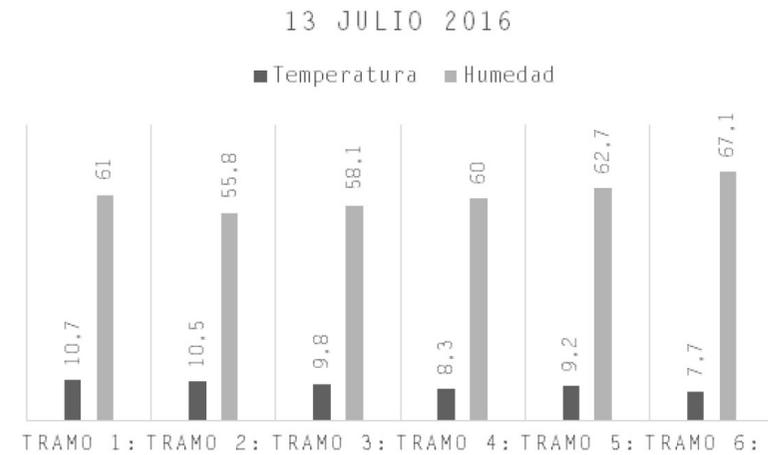
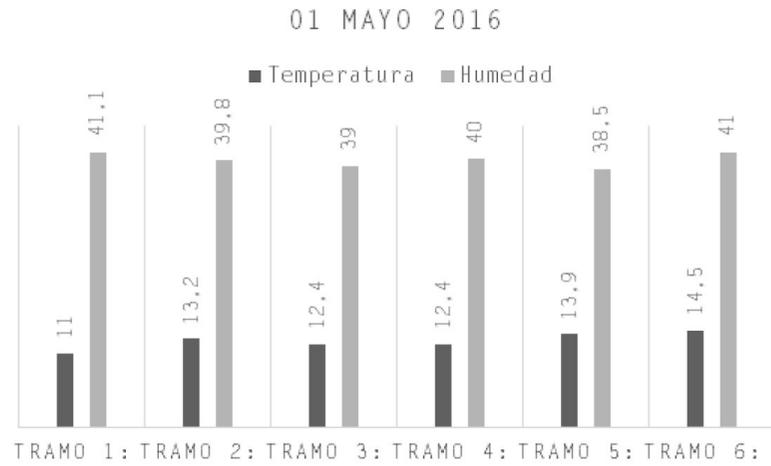


Imagen 106 Corte calle Las Quintas  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Las temperaturas en la calle Las Quintas para mes de mayo tienen un comportamiento similar por lo que las temperaturas fluctúan en un rango de 11°C a 14°C. La humedad se comporta de la misma manera que las temperaturas, con baja humedad que va desde los 35% a 41%.



Las mediciones de temperaturas obtenidas en el mes de julio son inferiores a las obtenidas en el mes de mayo, pero la humedad es mayor. En general, las temperaturas y humedad relativa son similares en ambas fechas.

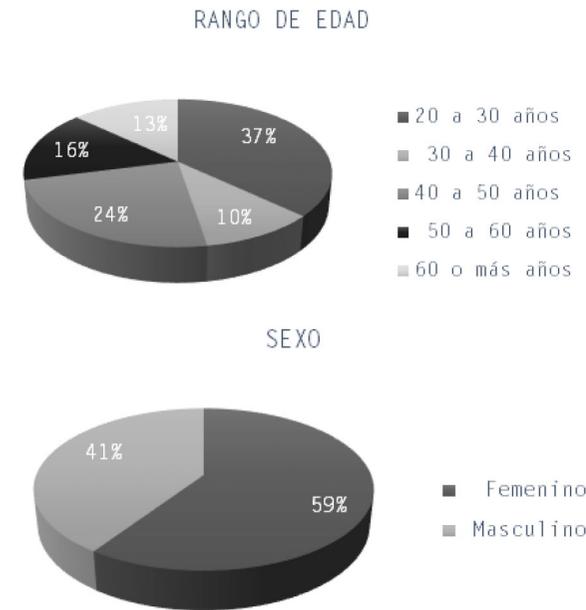
Finalmente, al comparar ambas calles se puede apreciar que la calle Simpson presenta menores temperaturas y mayor humedad relativa que la calle las Quintas, esto se debe a que la calle Simpson presenta un perfil con mayor pendiente en comparación al perfil topográfico de la calle las Quintas que se presenta de una forma más uniforme, lo que favorece a obtener temperaturas más constantes. Además, se suma que la calle Simpson pasa por el sector de mayor contaminación en la totalidad de los tramos medidos, lo que ayuda a obstruir el paso de radiación solar.

A partir de los resultados obtenidos y el planteamiento de Olgyay se puede apreciar la existencia de microclimas en las calles, debido a la interacción de la temperatura del aire, radiación solar, movimiento del aire y la humedad. Sin embargo, los transeptos no presentan efectos climáticos tan fuertes, debido a que las edificaciones son de baja altura, pero la pendiente, es decir, la geografía ayuda a que se manifieste las diferencias de temperaturas en las distintas calles.

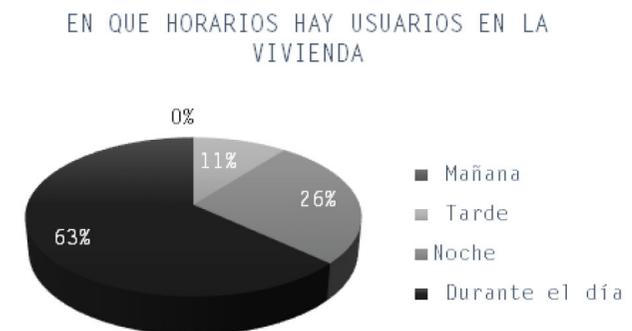
## 6.8 RESULTADOS ENCUESTA COMUNIDAD

En este subcapítulo se entregan los resultados de las entrevistas realizadas alrededor de 40 personas de distintas edades en la ciudad de Coyhaique.

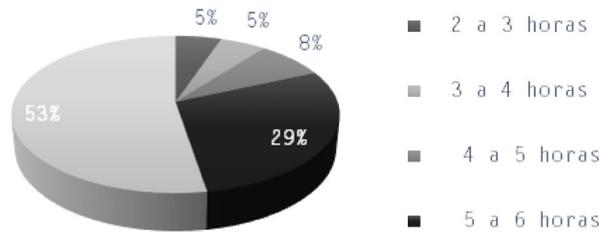
### I. Antecedentes generales



### II. Antecedentes de uso

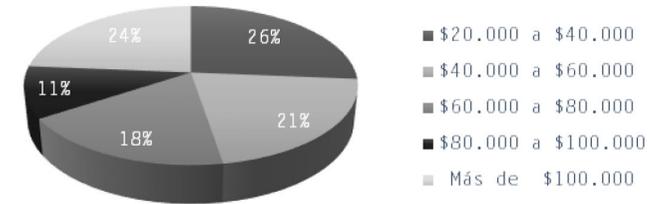


RANGO DE HORAS DE UTILIZACION DEL SISTEMA DE CALEFACCION



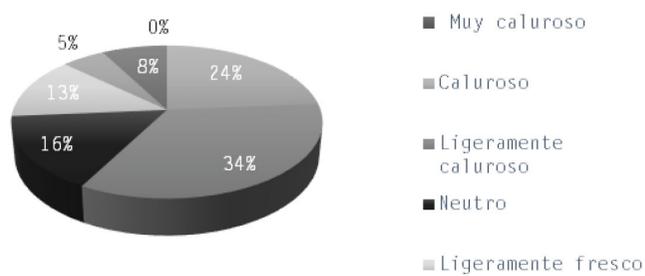
IV. Consumo

¿CUÁNTO GASTA PARA CALEFACCIONAR LA VIVIENDA MENSUALMENTE?

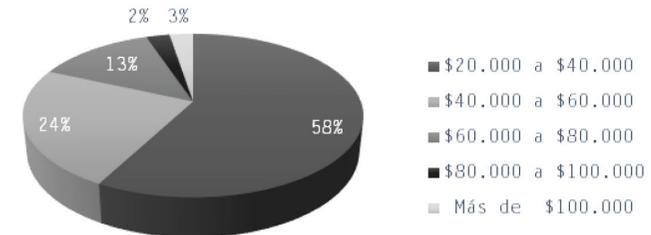


III. Percepción térmica

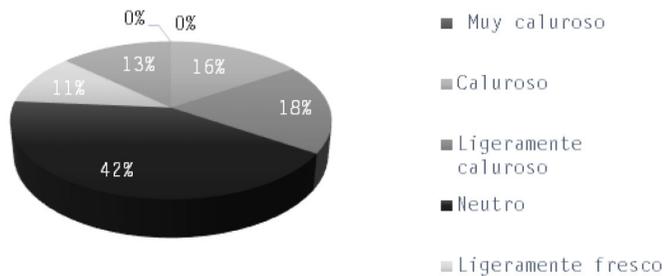
¿CÓMO PERCIBE LA SENSACIÓN TÉRMICA AL INTERIOR DE LA VIVIENDA EN INVIERNO?



¿CUÁNTO GASTA EN ELECTRICIDAD PARA LA VIVIENDA MENSUALMENTE?



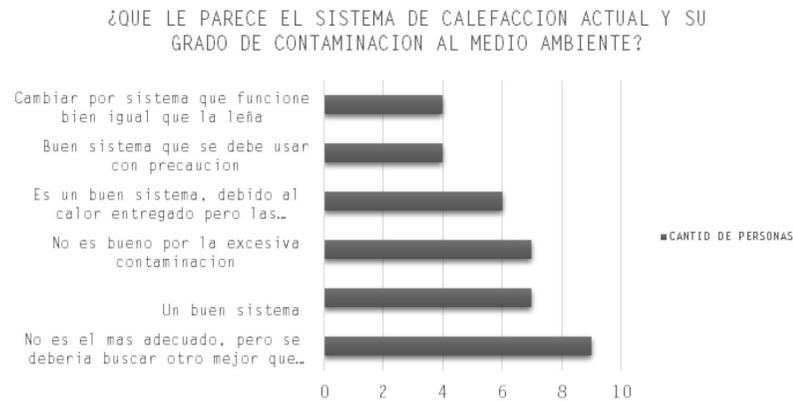
¿CÓMO PERCIBE LA SENSACIÓN TÉRMICA AL INTERIOR DE LA VIVIENDA EN VERANO?



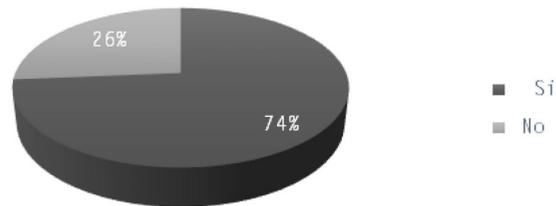
¿CREES QUE EL COSTO DE CALEFACCION Y ELECTRICIDAD SON MÁS CAROS QUE EN OTRAS REGIONES?



## V. Viabilidad Cultural



¿UD. ESTARIA DISPUESTO A CAMBIAR SU SISTEMA DE CALEFACCION ACTUAL POR OTRO SISTEMA MAS EFICIENTE POR EL MISMO VALOR?



El rango etario entrevistado es diverso, siendo un porcentaje mayor el grupo de 20 a 30 años que según el Censo 2002 es la más alta población en la ciudad, por lo que representa una opinión heterogénea de la comunidad de Coyhaique.

La mayor cantidad de entrevistados consultados pertenece al género femenino, pero el porcentaje de hombres es igualmente representativo.

El horario en que se encuentran usuarios al interior de la vivienda es mayoritariamente durante el día seguido por la noche que corresponde a un porcentaje de usuarios que tiene jornadas de trabajo completas.

El rango de horario en que se utiliza la calefacción es de más de 6 horas, posteriormente hay un grupo de usuarios que mantienen encendida la calefacción entre 5 a 6 horas durante el día.

En cuanto a la percepción de la sensación térmica en invierno la mayoría de las personas entrevistadas señala que lo percibe como ligeramente caluroso con un 34 % y caluroso con un 24 %. En cambio, para la temporada de verano la población percibe como neutra (42 %) la sensación térmica.

En relación al gasto en calefacción, se aprecia que la población no tiene una claridad de cuánto gasta al mes para calefaccionarse, pero se puede distinguir que estos gastos pueden variar de \$ 20 mil a \$ 40 mil pesos ( 26%) a considerar que se gasta más de \$100 mil pesos (24%).

En cambio, cuando se les pregunta cuánto gastan en electricidad este monto está mucho más claro que el anterior, es por esto que la población señala que su rango de gasto en este aspecto va desde \$ 20 a \$40 mil

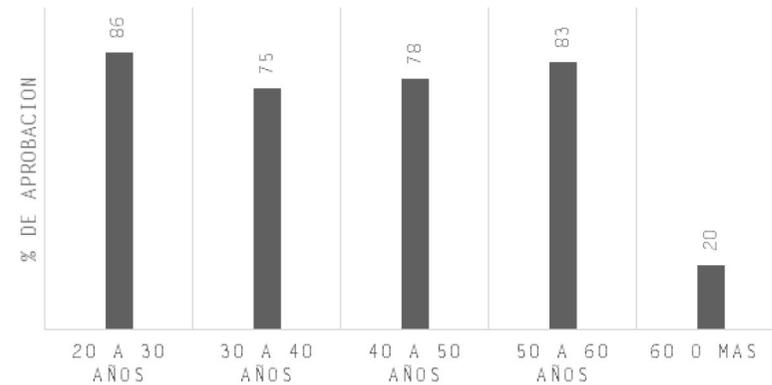
pesos (58%).

Alrededor del 80% de la población entrevistada en este segmento concuerdan que esta es una de las regiones más cara de Chile, debido al consumo en calefacción que deben costear y que este aumenta aún más los gastos mensuales del hogar, respecto de otras regiones que presentan climas más favorables.

En cuanto a cómo le parece el sistema actual de calefacción a leña, hay varias opiniones de parte de la población en donde la más señalada es que el sistema de calefacción debe ser ayudada y mejorada con un subsidio estatal como se ha hecho en otros países y ciudades, posteriormente hay un grupo representado por el grupo etario más adulto consultado que declaran que el sistema es bueno y funciona bien debido al calor que entrega. Y finalmente otro grupo que dice que no es bueno, ya que genera demasiada contaminación por lo que se deben buscar nuevos mecanismos.

Finalmente cuando se pregunta si estarían dispuestos a cambiar su sistema de calefacción actual, el 74 % de la población entrevistada está dispuesto a este cambio, siendo del porcentaje que no está dispuesto mayoritariamente adultos mayores. Lo cual tiene que ver por temas de tradiciones que se han realizado por mucho tiempo.

DISPONIBILIDAD DE LA POBLACION AL CAMBIO



A continuación, se muestra un desglose de las entrevistas por grupo etario, para ver las diversas opiniones y las diferencias que se aprecian entre las distintas edades.

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

Edad	20 a 30 años	30 a 40 años	40 a 50 años	50 a 60 años	Mas de 60 años
En que horarios hay usuarios al interior de la vivienda	Un 64% de las personas se encuentra durante el día	La mayoría de los usuarios se encuentran al interior de su vivienda	El 67% de las personas manifiesta que hay usuarios en la vivienda durante todo el día	El 83% de las viviendas hay usuarios al interior de la vivienda durante el día	El 80% señala que hay usuarios al interior de la vivienda durante el día
Rango de horas de utilización del sistema de calefacción	El 43% ocupa calefacción mas de 6 horas al día	El 75% de los entrevistado utiliza la calefacción en un rango mayor a 6 horas	El 56 % mantiene la calefacción prendida mas de 6 horas al día	El 67% de este grupo etario señala que el rango de uso de calefacción es de 6 horas o mas encendida	La calefacción esta prendida en rangos de 5 a 6 horas o superior a eso
¿Cómo percibe la sensación térmica al interior de la vivienda en invierno?	El 36 % de Hombres y mujeres perciben la sensación térmica como ligeramente caluroso al interior de la vivienda en invierno	La sensación térmica en invierno es percibida por hombres y mujeres como ligeramente calurosa	La percepción térmica en los hombres es mas clara dado que encuentran que es ligeramente caluroso, en cambio las mujeres encuentran que es neutra la sensación o ligeramente fresca	El 84% de las personas entrevistadas percibe la sensación térmica al interior de la vivienda como calurosa o ligeramente calurosa en invierno	El 60% de la población entrevistada manifiesta que la percepción al interior de la vivienda en invierno es caluroso, aunque hay algunas personas que consideran ligeramente fresco
¿Cómo percibe la sensación térmica al interior de la vivienda en verano?	La percepción en verano difieren entre hombres y mujeres. Los hombres lo perciben como ligeramente caluroso en cambio las mujeres lo perciben como neutro	La sensación en verano es percibida mayoritariamente como neutra	La percepción térmica en verano también es mas clara en hombres donde consideran que la sensación al interior de la vivienda es calurosa o ligeramente calurosa, en cambio las mujeres no tienen una percepción definida, pero que va desde una sensación neutra a una fresca	En verano las personas no tienen una percepción muy clara es por eso que va desde caluroso a neutro la sensación térmica	En verano la sensación térmica es mayoritariamente neutra (60 %) o ligeramente fresco

Tabla 20 Cuadro resumen de entrevistas  
Fuente: Elaboración propia, 2016

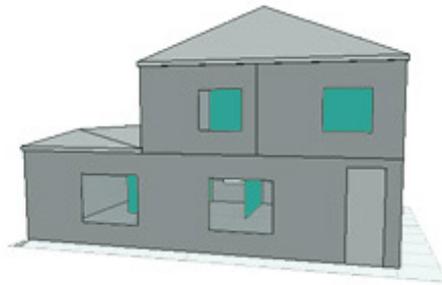
¿Cuánto gasta para calefaccionar la vivienda?	El 57 % de hombres y mujeres de este segmento etario su gasto de Calefaccion va desde los \$ 20 mil a \$ 40 mil pesos	En el gasto de calefaccion no hay mayor claridad del consumo debido a que varia en las distintas personas	El gasto en calefaccion aumenta a medida que el rango de edad aumenta, el 78% declara que el gasto va desde los \$ 60 mil a mas de \$100 mil al mes	El gasto de calefaccion tampoco esta muy bien definido por parte de los hogares en donde se ve que puede ir desde los \$ 40 mil a \$ 60 mil pesos como sobre \$ 100 mil en casi la mayoría de las mujeres	Con un 80 % el rango etario entrevistado señala que los gastos en calefaccion van desde los \$40 mil a \$ 80 mil pesos reduciendose un poco al rango de 50 a 60 años pero mayor al rango mas joven
¿Cuánto gasta en electricidad para la vivienda?	En el gasto de electricidad ambos sexo concuerdan con un 64 % que el valor va entre \$ 20 mil y \$ 40 mil pesos	En el consumo de electricidad esta va desde los \$20 mil a \$60 mil pesos siendo mayor que en el rango etario de 20 a 30 años	El 78% de las personas manifiesta que el gasto en electricidad al igual que en los demas rangos es de \$20 mil a \$ 40 mil pesos	Los gastos en electricidad se ven centralizado con el 67% en dos rangos de \$40 a \$60 mil y de \$60 mil a \$80mil pesos, siendo superiores a los rangos de los otros grupos etarios	En cuanto a la Luz el 60% señala que los gastos de este van desde los \$20 mil a \$ 80 mil pesos
¿Cree que el costo en calefacción y electricidad son excesivamente altos en comparación con otras regiones?	El 79% de las personas entrevistadas en este segmento concuerdan que esta es una de las regiones mas cara de Chile, debido al consumo en calefaccion que deben costear	El 75% de los entrevistados de este grupo considera que los gastos de los servicios en esta region son mayores que en otras	El 89% de los entrevistados considera que esta es una de las regiones mas cara para vivir	El 83% de las personas considera que los costos de los servicios son muy elevados en esta region	El 80% de las personas señala que los costos de calefaccion y electricidad son mas elevados que en otras regiones
¿Qué le parece el sistema de calefacción actual y el grado de contaminación que provoca este al medio?	La mayoría de las personas coinciden que la leña es un buen sistema para calefaccionar pero se debe usar con precaucion, es por esto que lo mas indicado seria usar leña seca pero esta es mayor su valor por lo que muchas personas no pueden costearla, debido a esto que se debería usar otro metodo mas eficiente que el actual.	La mayoría de los hombres declara que la calefaccion a leña no es buena por su excesiva contaminacion, en cambio las mujeres tiene opiniones diversas como que no es la mas adecuada, pero se necesita de un subsidio estatal para financiar el cambio de calefaccion. Ademas que el sistema a calefaccion a leña debe ser usado con precaucion	El 67% esta de acuerdo que se debe cambiar el sistema de calefaccion a leña por otro mas eficiente pero que entregue las mismas propiedades que esta	El 83% de las personas de este rango consideran que es bueno cambiar el sistema de calefaccion a leña pero que el nuevo sistema debe satisfacer las mismas demandas que la leña y con menor	El 60 % considera que el sistema de calefaccion a leña es un buen sistema, el cual entrega el calor que ellos necesitan para la edad que tienen
¿Ud. estaría dispuesto a cambiar su sistema de calefacción actual por otro sistema más eficiente (ERNC) por el mismo valor?	El 86% concuerdan que seria bueno utilizar un metodo alternativo al convencional, el cual utilice energias limpias para calefaccionar ( mayor cantidad de hombres 50 %)	El 75% de las personas entrevistadas esta de acuerdo con el cambio de sistema de calefaccion por uno mas eficiente	El 78 % declaran que estan dispuesto a cambiar su sistema de calefaccion por otro mas eficiente, aunque se ve una inclinacion mas alta por hombres que por mujeres.	El 83 % de hombres como mujeres estan dispuesto a cambiar su sistema de calefaccion actual por otra mas eficiente.	El 80% de hombres y mujeres señala que no le gustaria cambiar el sistema de calefaccion a leña por uno mas eficiente, por el contrario a los rangos de edad mas jovenes que en su mayoría si quieren un cambio

## 6.9 EVALUACIÓN DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDA: CASOS DE ESTUDIO

En esta sección se entrega los resultados arrojados por el simulador CEV, a que letra pertenecen las viviendas escogidas en los casos de estudio. Los datos de transmitancia térmica fueron calculados en base a ECOTECT.

### Vivienda 1

Dirección: Almirante Simpson 1131  
Comuna: Coyhaique  
Región: Aysén  
Ubicación del proyecto: Zona 7 A  
Rol: 0365-0003  
Tipo de Vivienda: Aislada



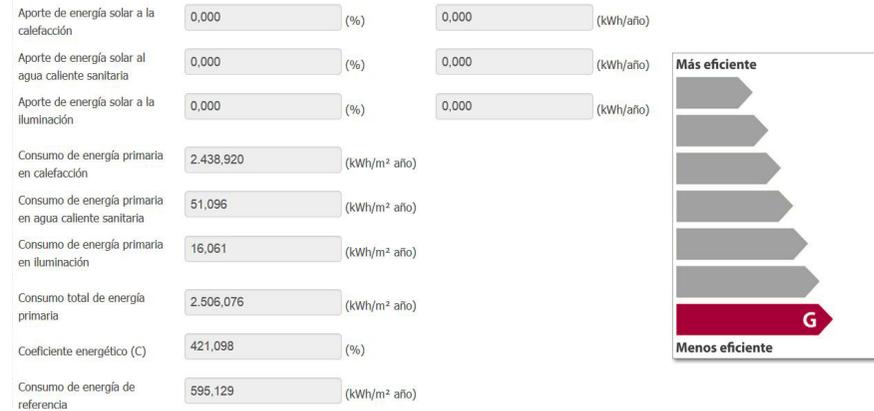
Muro principal: Madera  
Muro Secundario: Hormigón  
Ventana: Vidrio Simple

#### Resultados del cálculo de demanda



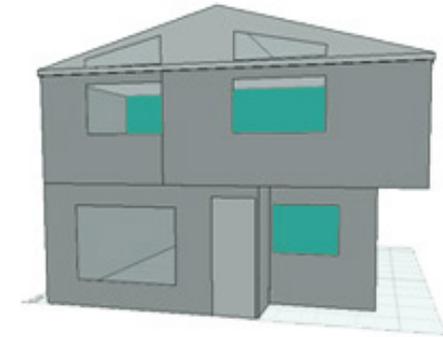
#### Resultados del consumo de energía de la vivienda

##### Indicadores



### Vivienda 2

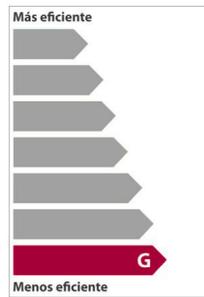
Dirección: Freire 759  
Comuna: Coyhaique  
Región: Aysén  
Ubicación del proyecto: Zona 7 A  
Rol: 00301-00002  
Tipo de Vivienda: Aislada  
Muro principal: Madera  
Muro Secundario: Hormigón  
Ventana: Vidrio Simple



### Resultados del consumo de energía de la vivienda

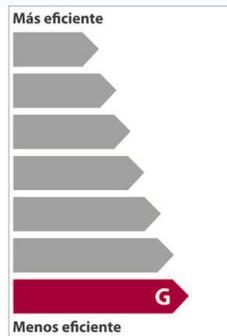
#### Indicadores

Aporte de energía solar a la calefacción	0,000 (%)	0,000 (kWh/año)
Aporte de energía solar al agua caliente sanitaria	0,000 (%)	0,000 (kWh/año)
Aporte de energía solar a la iluminación	0,000 (%)	0,000 (kWh/año)
Consumo de energía primaria en calefacción	2.484,944 (kWh/m <sup>2</sup> año)	
Consumo de energía primaria en agua caliente sanitaria	50,337 (kWh/m <sup>2</sup> año)	
Consumo de energía primaria en iluminación	12,975 (kWh/m <sup>2</sup> año)	
Consumo total de energía primaria	2.548,256 (kWh/m <sup>2</sup> año)	
Coefficiente energético (C)	447,356 (%)	
Consumo de energía de referencia	569,625 (kWh/m <sup>2</sup> año)	



#### Resultados del cálculo de demanda

Demanda de calefacción	939,761 (kWh/m <sup>2</sup> año)
Demanda de iluminación	6,487 (kWh/m <sup>2</sup> año)
Temperatura de base	17,806 (°C)
Grados día a la temperatura base	3.979,451 (°C)
C (porcentaje de la demanda de referencia)	309,563
Demanda de referencia	299,185 (kWh/m <sup>2</sup> año)



Los resultados arrojados por la simulación de CEV indican que las viviendas en Coyhaique se encuentran en la letra menos eficiente, esto debido a la inexistente aislación térmica, debido a que son viviendas construidas antes del 2000 y por el clima de la ciudad en donde se encuentran.

## 6.10 RESULTADOS DEL DISEÑO EN RESTCREEN: CANTIDAD DE PANELES SOLARES

¿Cuánta energía requiero para alcanzar el confort relativo a través de energía limpia?

Para poder determinar esto, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Cuantificar la potencia generada a través de los parámetros de diseño en RETSCREEN
  2. Analizar cuál es la necesidad o consumo actual de la población a través de las boletas de consumo, entrevistas y monitoreo (dentro de los resultados se incluye el solsticio de invierno y equinoccio)
  3. Comparar la potencia generada por el programa RETSCREEN y el consumo actual. Para determinar cuánto es lo que se genera en la simulación en comparación con el consumo actual
  4. Analizar los costos de inversión económica
- Para poder calcular cuanta es la potencia generada de energía solar a través de un colector fotovoltaico se utiliza el software RETSCREEN. Este programa busca mejorar la eficiencia energética en una gran cantidad de aplicaciones a través del diseño, permitiendo hacer una comparación del caso base con el caso de referencia.

Como se explicó en los capítulos anteriores, un panel fotovoltaico es un sistema que se constituye por varios componentes, entre ellos: los paneles o módulos que

convierten la energía solar en electricidad, un sistema de acumulación de energía para almacenarla hasta el momento que se necesite ocupar y finalmente un sistema de control y acondicionamiento de potencia que evita las sobrecargas de las baterías.

Para este caso de estudio, se utiliza un panel fotovoltaico conectado a la red, que tenga voltajes superiores a los 24 volts, ya que es necesario para potencias superiores a 200 watts. El inversor debe tener una onda sinusoidal completa, con sincronismo a la red y aislación exterior en caso de falla externa.

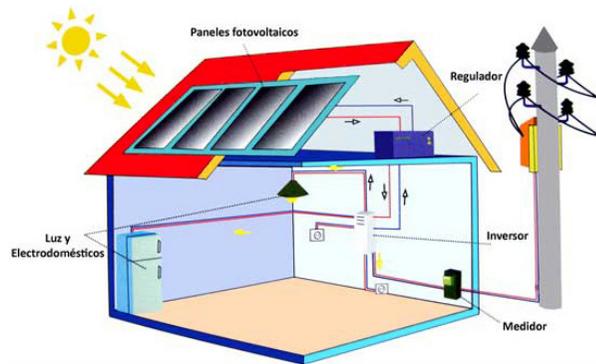


Imagen 107 Panel fotovoltaico conectado a red  
Fuente: Autosolar, 2016

Para dimensionar un panel fotovoltaico se deben seguir los siguientes pasos:

El primer paso es estimar el consumo diario, mensual, semanal y anual en kWh, posteriormente se debe calcular la inclinación de los módulos, ya que es necesario saber

la radiación anual que entrega la latitud del lugar. El siguiente paso es dimensionar la acumulación que posee la batería para obtener autonomía en los días en que la radiación solar sea baja. Luego se debe dimensionar el sistema de generador de paneles fotovoltaicos, analizando las curvas entregadas. Seguido del paso, dimensionar el controlador de carga para saber la cantidad de amperes y el inversor la cantidad de potencia entregada en kW y finalmente dimensionar los componentes de seguridad, conductores y trazado. Además, de tener en consideración las pérdidas de los componentes.

Por otra parte, para comenzar el diseño en RETSCREEN es necesario conocer el factor de planta, este se puede calcular a través de la siguiente fórmula u obtenerse del programa RETSCREEN.

$$FP = \frac{E}{P * N} = (\text{este número lo arroja el programa Retscreen})$$

E= Energía anual efectivamente producida en KWh  
P= potencia nominal del sistema  
N= las horas del año (365 \*24 =8760)

Además, se debe considerar que:

El inversor / controlador tiene una eficiencia del orden del 95 %

Perdidas eléctricas entre el panel e inversor del orden del 0 %

Días de autonomía y capacidad de baterías que para este caso no se necesita porque es un sistema fuera - red y

la red del alumbrado se considera como la batería.

Posteriormente teniendo claro esto, se puede abrir el programa e ingresar el sistema que se quiere diseñar y en la ciudad determinada. Para este caso en específico es un sistema fotovoltaico en la ciudad de Coyhaique, se utiliza el método 1 y el poder calorífico interior.

### 6.10.1 Electricidad para viviendas

**Paso 1:** Realizar el diseño de paneles fotovoltaicos para electricidad.

Para el diseño de RETSCREEN se utilizan los datos de radiación solar conseguidos en el explorador solar, ya que se ajustan a la realidad local.

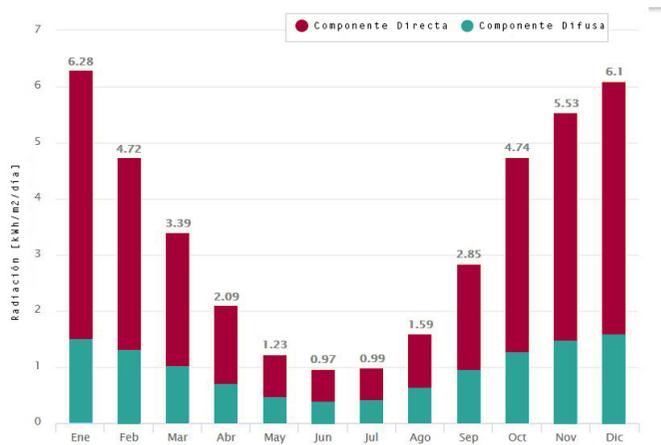


Imagen 108 Radiación solar de Coyhaique  
Fuente: Explorador Solar, 2016

Ubicación de datos meteorológicos		Ubicación del Proyecto	
Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Unidad	Ubicación del Proyecto
Latitud	°N	-45.8	-45.8
Longitud	°E	-72.1	-72.1
Elevación	m	811	811
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	-4.0	
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	14.1	
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	11.8	

Mes	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m²/d	Presión atmosférica kPa	Velocidad del Viento m/s	Temperatura del suelo °C	Días-grado de calentamiento °C-d	Días-grado de enfriamiento °C-d
Enero	9.2	76.2%	6.28	93.3	5.4	11.0	272	0
Febrero	9.9	74.3%	4.72	93.5	4.8	11.1	227	0
Marzo	8.0	79.6%	3.39	93.4	4.5	8.6	309	0
Abril	5.5	83.8%	2.09	93.3	4.9	5.6	374	0
Mayo	3.3	86.5%	1.23	93.2	4.8	3.1	455	0
Junio	1.3	87.1%	0.97	93.1	4.6	0.9	501	0
Julio	0.8	86.0%	0.99	93.3	4.7	0.3	534	0
Agosto	2.0	83.6%	1.59	93.4	4.7	1.8	497	0
Setiembre	3.3	80.3%	2.85	93.5	4.7	3.6	443	0
Octubre	5.1	79.0%	4.74	93.4	4.9	6.1	399	0
Noviembre	6.5	78.4%	5.53	93.3	5.2	8.1	343	0
Diciembre	8.2	76.6%	6.10	93.3	5.3	9.9	305	0
Anual	5.2	81.0%	3.37	93.3	4.8	5.8	4.659	0
Medido a	m				10.0	0.0		

**Paso 2:** Determinar cuánto es el consumo actual. Hoy en día, una vivienda estándar en el centro de la ciudad de Coyhaique cancela en consumo eléctrico entre \$ 20.000 y \$40.000 (ver entrevista) que eso llevado a kWh sería alrededor de 230 kWh al mes y un máximo de límite de consumo en invierno de 350 kWh (Edel Aysén, 2016), esto considerando que el kWh tiene un valor de \$ 175 pesos y se cancela una boleta de \$40.000.

Caso 1

Modelo de Energía RETScreen - Proyecto de generación eléctrica

Proyecto de generación eléctrica

Sistema eléctrico de potencia del caso base

		Fuera-red
Tipo de red		Electricidad de la red
Tecnología		
Precio del combustible	\$/kWh	75.000
Capacidad	kW	3.00
Costo anual de operación y mantenimiento	\$	0
Tarifa de electricidad - caso base	\$/kWh	75.000
Costo total de electricidad	\$	219.000

Características de la carga

- Método 1
- Método 2

	Unidad	Caso base	Caso propuesto
Demanda de electricidad - diaria - CC	kWh		
Demanda de electricidad - diaria - CA	kWh	8.000	8.000
Correlación recurso-carga intermitente			Negativo

Porcentaje del mes usado

		Caso base	Caso propuesto	Energía ahorrada	Costos iniciales incrementales
Demanda de electricidad - anual - CC	MWh	0,000	0,000		
Demanda de electricidad - anual - CA	MWh	2,920	2,920	0%	\$ -
Carga punta - anual	kW		5,00		

En esta sección se agregan los datos de cuanto cancela la compañía de electricidad por inyectar energía a la red. Para el caso de Chile este tiene un valor aproximado de \$75 pesos según la ley de Net Billing (MINENERGIA, 2015) en tarifas eléctricas de las generadoras residenciales (Chilequinta, 2016), una potencia instalada según boletas de electricidad de 3 kW y una demanda diaria aproximada de 8 kWh en corriente alterna (CA).

Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto

				Costos iniciales incrementales
<b>Inversor</b>				
Capacidad	kW	1.5	Carga de punta - anual - CA	\$ 750.000
Eficiencia	%	95%		
Pérdidas varias	%	0%		
<b>Batería</b>				
Días de autonomía	d	1.0		
Tensión	V	48.0		
Eficiencia	%	100%		
Máxima profundidad de descarga	%	100%		
Eficiencia del controlador de carga	%	100%		
Método de control de temperatura		Ambiente		
Reducción promedio de la capacidad de la batería por temp.	%	11,1%		
Capacidad	Ah	220	204	
Batería	kWh	11		\$ -
<b>Tecnología</b>				
		Fotovoltaico		
<b>Evaluación de recursos</b>				
Modo de rastreo solar		Fijado		
Inclinación	°	45.0		
Azimut	°	180.0		

Posteriormente, se determina un ángulo para realizar el diseño este caso 45° que serían utilizados en techumbre. Además, de determinar una eficiencia de 95 % y 0% de pérdidas.

	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado	Electricidad entregada a la carga	Electricidad entregada a la carga	Porcentaje de electricidad entregada según la demanda
Mes	kWh/m <sup>2</sup> /d	kWh/m <sup>2</sup> /d	MWh	Kwh	%
Enero	6,28	5,69	0,23	233,1	101,3
Febrero	4,72	4,70	0,18	183,7	79,9
Marzo	3,39	3,83	0,17	167,5	72,8
Abril	2,09	2,82	0,12	121,0	52,6
Mayo	1,23	1,96	0,09	87,9	38,2
Junio	0,97	1,73	0,08	75,9	33,0
Julio	0,99	1,57	0,07	71,7	31,2
Agosto	1,59	2,23	0,10	100,7	43,8
Setiembre	2,85	3,43	0,15	147,7	64,2
Octubre	4,74	4,98	0,22	218,4	95,0
Noviembre	5,53	5,13	0,22	215,3	93,6
Diciembre	6,10	5,38	0,23	227,7	99,0
Anual	3,37	3,61	1,85	1850,5	804,6

Tabla 21 Porcentaje entregado por paneles fotovoltaicos mes a mes Fuente: Elaboración propia en base a resultados de Retscreen, 2016

En la tabla 21 se ven los resultados obtenidos mes a mes y cuál es el porcentaje que cubre. Se puede ver que en el mes de julio siendo el mes más desfavorable sufre un 30% de la demanda, por lo que el 70% restante se debe obtener con electricidad normal.

Por ejemplo, si se considera que una vivienda cancela una boleta de \$20.000 mensual, para el mes más desfavorable

en que se cubre una demanda del 30% del total, dentro de ese mes \$6.000 son ahorrados por generar su propia energía eléctrica a través de los paneles solares reduciendo así su valor a cancelar a \$14.000. Lo que significa que anualmente se obtiene un ahorro considerable, entendiéndose que hay meses que se cancela toda la demanda (Enero y Diciembre).

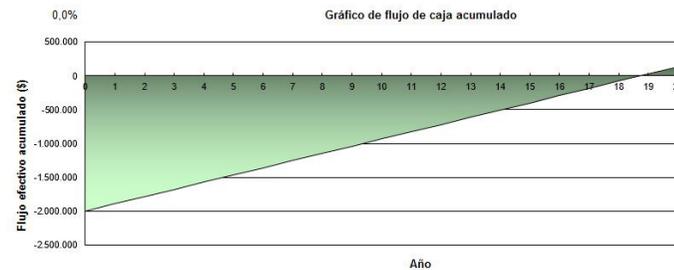
“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m²	1,23		
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m²	1,32		
<b>Fotovoltaico</b>				
Tipo		mono-Si		
Capacidad de generación eléctrica	kW	1,50	30,0%	\$ 1.250.000
Fabricante		JA Solar		
Modelo		mono-Si - JAM6(BK)-60-250/SI	6 unidad(es)	
Eficiencia	%	15,3%		
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45		
Coefficiente de temperatura	% / °C	0,40%		
Área del colector solar	m²	9,8		
Método de control		Rastreador de punto de máxima potencia		
Pérdidas varias	%	5,0%		
<b>Resumen</b>				
Factor de utilización	%	14,3%		
Electricidad entregada a la carga	MWh	1,85	63,4%	
<b>Sistema eléctrico de potencia de carga punta</b>				
Tecnología		Electricidad de la red		
Precio del combustible	\$/kWh	175,000		
Eficiencia del cargador	%	100,0%		
Capacidad sugerida	kW	5,0		
Capacidad	kW	3	60,0%	
Electricidad entregada a la carga	MWh	0,6	22,0%	

En esta sección, se ingresa la cantidad de paneles solares para llegar a una capacidad de generación eléctrica de 1.50 kW. En este caso ingresando 6 paneles solares JA solar, equipos que están autorizados por el SEC para utilizarlos en las instalaciones de generación eléctrica residencial según la ley 20.571 ([www.sec.cl](http://www.sec.cl)) se obtiene un 63,4% de la demanda total de electricidad.

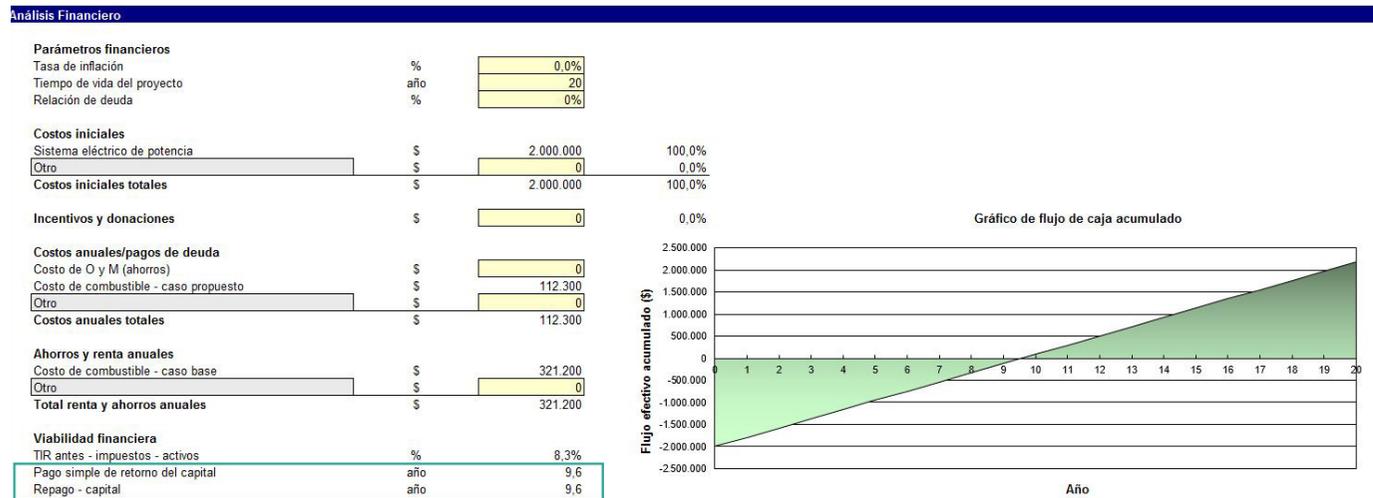
**Análisis Financiero**

<b>Parámetros financieros</b>			
Tasa de inflación	%	0,0%	
Tiempo de vida del proyecto	año	20	
Relación de deuda	%	0%	
<b>Costos iniciales</b>			
Sistema eléctrico de potencia	\$	2.000.000	100,0%
Otro	\$	0	0,0%
<b>Costos iniciales totales</b>	\$	2.000.000	100,0%
<b>Incentivos y donaciones</b>			
	\$	0	0,0%
<b>Costos anuales/pagos de deuda</b>			
Costo de O y M (ahorros)	\$	0	
Costo de combustible - caso propuesto	\$	112.300	
Otro	\$	0	
<b>Costos anuales totales</b>	\$	112.300	
<b>Ahorros y renta anuales</b>			
Costo de combustible - caso base	\$	219.000	
Otro	\$	0	
<b>Total renta y ahorros anuales</b>	\$	219.000	
<b>Viabilidad financiera</b>			
TIR antes - impuestos - activos	%	0,6%	
Pago simple de retorno del capital	año	18,7	
Repaqo - capital	año	18,7	



Finalmente, se puede ver que económicamente la utilización de paneles fotovoltaicos en una vivienda en Coyhaique se devuelve la inversión en un periodo de 18 años. Sin embargo, que no sea rentable se debe específicamente a que la ley de generación distribuida 20.571, cancela un bajo monto por la energía inyectada a diferencias de otros países como Alemania e Inglaterra donde cada kW inyectado a la red tiene un precio mayor o igual que el de compra (Vergara & Caquilpán, 2014), este tipo de legislación tiene el nombre de Feed-in Tariff (FIT).

Al considerar un cambio de ley que aumente a una tarifa de \$110, el análisis económico disminuye a la mitad siendo rentable la utilización de paneles fotovoltaicos en un periodo de 9 años.



## Caso 2

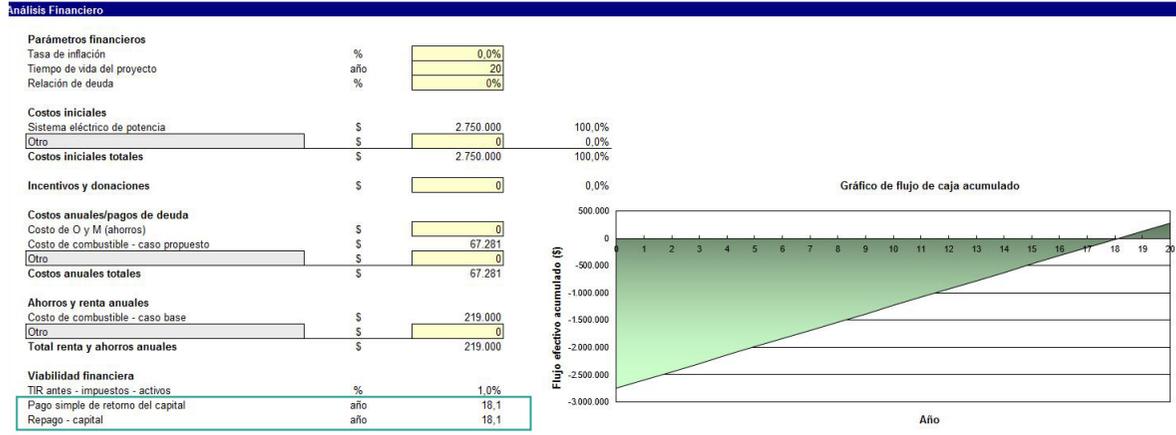
Por otra parte, si se utilizan 12 paneles fotovoltaicos aumentando la capacidad de generación eléctrica a 3.0 kW, la demanda total suplida con este sistema varia a un 86,8% respecto al caso 1.

	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado	Electricidad entregada a la carga	Electricidad entregada a la carga	Porcentaje de electricidad entregada según la demanda
Mes	kWh/m <sup>2</sup> /d	kWh/m <sup>2</sup> /d	MWh	Kwh	%
Enero	6,28	5,69	0,24	240	104,3
Febrero	4,72	4,70	0,22	220	95,7
Marzo	3,39	3,83	0,24	240	104,3
Abril	2,09	2,82	0,22	220	95,7
Mayo	1,23	1,96	0,18	180	78,3
Junio	0,97	1,73	0,15	150	65,2
Julio	0,99	1,57	0,14	140	60,9
Agosto	1,59	2,23	0,2	200	87,0
Setiembre	2,85	3,43	0,23	230	100,0
Octubre	4,74	4,98	0,24	240	104,3
Noviembre	5,53	5,13	0,23	230	100,0
Diciembre	6,10	5,38	0,24	240	104,3
Anual	3,37	3,61	2,54	2540	1104,3

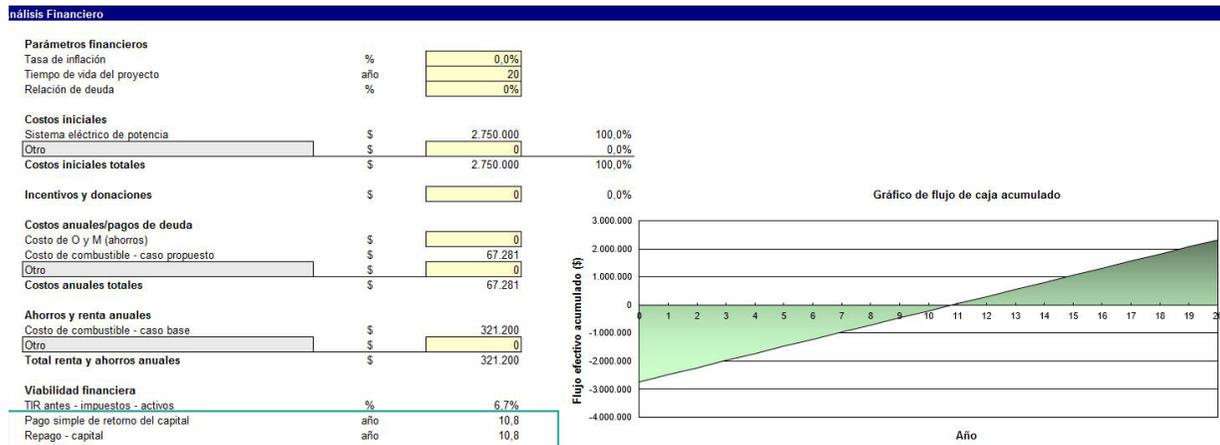
Tabla 22 Porcentaje de generación de electricidad por paneles fotovoltaicos mes a mes Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en Retscreen, 2016

El porcentaje que suple de la demanda total en el mes más frío aumenta a la mitad, alcanzando un 60 % de esta (Ver tabla 22). En este caso, si el pago de la boleta de electricidad es de \$20.000, el ahorro aumenta al doble, por lo que el pago final de la boleta sería de \$8.000. Lo que sería una gran ayuda en el presupuesto destinado a esta necesidad entendiendo que en los meses de invierno se tiene menor cantidad de horas de sol.

La rentabilidad económica de utilizar este tipo de sistema es a los 18 años, variando muy poco respecto a la rentabilidad del caso 1.



En el caso de que la ley de inyección cambiará a \$110 para el caso de 12 paneles fotovoltaicos.



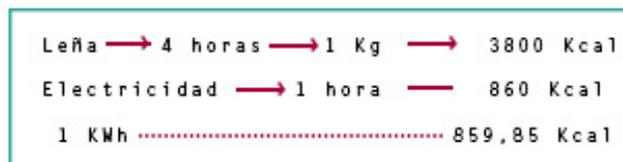
Se ve un retorno del dinero en un periodo de 10 años de utilización de este sistema. En general, con la cantidad de 12 paneles solares se cubre una mayor demanda en los meses en donde hay menor cantidad de radiación solar, además de que en la mitad de los meses la demanda se genera en su totalidad con energía solar, disminuyendo considerablemente el presupuesto familiar destinado a este consumo.

### 6.10.2 Calefacción para viviendas

Para poder determinar cuántos paneles se necesitarían para poder suplir la necesidad de calefacción se realizaron los siguientes pasos:

**Paso 1:** Determinar el consumo actual de este, a través del gasto de leña. Para determinar este valor se consideran los datos recolectados obtenidos de las entrevistas, pero como para este punto no había una mayor claridad del gasto. Se concluyó determinar el consumo considerando las viviendas escogidas como casos de estudio.

Se realiza una encuesta como primera aproximación a los patrones de uso y en esta se aprecia que las viviendas seleccionadas tienen un gasto superior a \$100.000 en calefacción mensual, por lo que se utiliza este valor para determinar la cantidad de leña utilizada en un mes. Considerando este valor se define que el valor del metro de leña va entre los \$ 15.000 y \$ 30.000 (MORI, 2016) y que se utiliza entre 3 a 4 metros de leña mensualmente en los meses más fríos y anualmente entre 16 o 18 metros (MORI, 2016). No obstante, se debe considerar que no todos los meses del año se utiliza la misma cantidad de leña



**Paso 2:** Comenzar con el diseño en RETSCREEN. Se determina el U nominal de una vivienda de 90 m<sup>2</sup>, el cual se obtiene a través de las diferencias de temperaturas interior - exterior. Que para el caso de Coyhaique se considera una temperatura de -4°C al exterior y de 18°C al interior de la vivienda. Además, se ingresan los espesores de muro y se obtiene un U\_nominal de 82,6 W/m<sup>2</sup>.

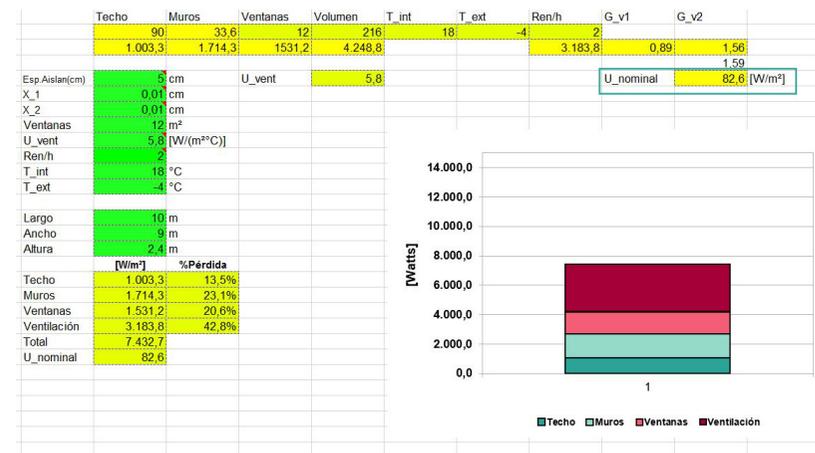


Tabla 23 Calculo del U nominal  
Fuente: Roman, 2016

Al obtener este número se procede a introducirlo en el diseño de calefacción para RESTCREEN utilizando como caso base una casa de 90 m<sup>2</sup>. Para realizar el diseño de calefacción, se hace primero un diseño de generación de calor en donde se compara el comportamiento de electricidad y biomasa. Además, se ingresan los valores de cada combustible para la comparación y ver cuál es

más conveniente. En este caso para la electricidad se ingresa el valor de la tarifa de \$175 y para la leña en un mes el monto de \$100.000.

Heating project				Incremental initial costs
		Base case	Proposed case	
Heated floor area for building	m <sup>2</sup>	90		
Energy efficiency measures				
Heating load for building	W/m <sup>2</sup>	83	83	
Domestic hot water heating base demand	%	0%	0%	
Total heating	MWh	27	27	
<b>Base load heating system</b>				
Technology			Biomass system	
Capacity	kW	7.4	7.0	94.2%
Heating delivered	MWh	26.6	26.6	99.8%
Fuel type		Electricity	Biomass	
Seasonal efficiency	%	100%	30%	
Fuel consumption - annual	MWh	27	17	t
Fuel rate	\$/kWh	175.000	100000.000	\$/t
Fuel cost	\$	4.657.855	1.727.654	
<b>Peak load heating system</b>				
Technology				
Suggested capacity	kW		0.4	
Capacity	kW		1.5	20.2%
Fuel type			Electricity	
Seasonal efficiency	%		100%	
Fuel consumption - annual	MWh		0	
Heating delivered	MWh		0.1	0.2%
Fuel rate	\$/kWh		175.000	
Fuel cost	\$		10.861	

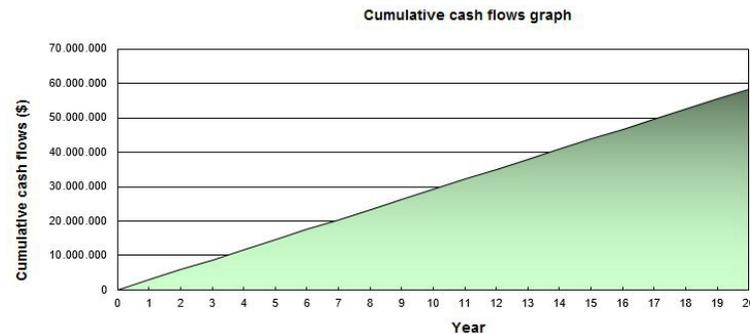
A partir de esto, se obtiene un monto de cuanto se pagaría por la generación de calor de cada sistema. En donde se puede apreciar que la leña es altamente conveniente. A pesar que la electricidad es altamente más eficiente respecto a la leña, se deben considerar las ventajas y desventajas de ambos combustibles.

combustible	Ventajas	Desventajas
Electricidad	No genera contaminación intradomiciliaria No libera gases tóxicos Menor tiempo de encendido	Alto costo de su tarifa
Leña	Bajo costo de su tarifa Fácil acceso	Genera contaminación intradomiciliaria Libera gases tóxicos Puede causar enfermedades respiratorias en la ciudad en donde se utiliza Mayor tiempo de encendido

Tabla 24 Ventajas y desventajas de la leña y electricidad  
Fuente: elaboración propia, 2016

**Financial Analysis**

Financial parameters		
Inflation rate	%	0.0%
Project life	yr	20
Debt ratio	%	0%
Initial costs		
Heating system	\$	0
Other	\$	
<b>Total initial costs</b>	\$	0
0.0%		
Incentives and grants		
	\$	
Annual costs and debt payments		
O&M (savings) costs	\$	
Fuel cost - proposed case	\$	1,738,515
Other	\$	
<b>Total annual costs</b>	\$	1,738,515
Annual savings and income		
Fuel cost - base case	\$	4,657,855
Other	\$	
<b>Total annual savings and income</b>	\$	4,657,855
Financial viability		
Pre-tax IRR - assets	%	positive
Simple payback	yr	0,0
Equity payback	yr	immediate



Finalmente, se hace un análisis financiero en donde se presenta que el proyecto es viable.

**Paso 3:** Diseñar calefacción solar. Se realiza el diseño de los paneles fotovoltaicos utilizando esta vez la opción de generación de electricidad y tecnología paneles fotovoltaicos.

En esta sección, se ingresa el valor de la inyección de energía a la Red al igual que para el tema de electricidad, luego se ingresa la capacidad que para el caso de calefacción se debe aumentar a 10 kW para que puede inyectarse mayor cantidad. Esta ampliación se puede hacer sin tener problemas, ya que está de acuerdo a la norma.

Además, se ingresa la demanda que se necesita diariamente para satisfacer la calefacción, de acuerdo a lo entregado se requiere alrededor de 27.000 kWh en un año, siendo en un mes más desfavorable la utilización de alrededor de 2.000 kWh, lo que llevado a un día sería necesario aproximadamente 66 kWh. Estos valores pueden variar dependiendo de las condiciones climáticas que presenta el respectivo año, por ejemplo según información entregada por el programa Comuna Energética del Ministerio de Energía para el año 2014, cada vivienda utilizaría alrededor de

40.000 kWh al año. Es por esto, que la cuantificación de este valor es variable, ya que las temperaturas al 2016 han variado, por lo que muchas veces es menor el consumo térmico. Además, depende este valor de los patrones de uso de los usuarios, ya que este variará si las personas se encuentran la mayor parte del tiempo al interior de la vivienda versus si hay usuarios que solo se encuentran en la tarde/noche.

Para el caso de estudio, se toma un valor intermedio para cuantificar la cantidad de paneles solares necesarios para utilizarlos en calefacción. Por eso hay que dejar claro que este valor puede tener algún porcentaje de error, debido a las distintas variables que se pueden presentar.

**Proyecto de generación eléctrica**

**Sistema eléctrico de potencia del caso base**

Tipo de red		Fuera-red
Tecnología		Electricidad de la red
Precio del combustible	\$/kWh	75,000
Capacidad	kW	10,00
Costo anual de operación y mantenimiento	\$	0
Tarifa de electricidad - caso base	\$/kWh	75,000
<b>Costo total de electricidad</b>	<b>\$</b>	<b>1.329.819</b>

**Características de la carga**

Método 1  
 Método 2

Unidad	Caso base	Caso propuesto
Demanda de electricidad - diaria - CC	kWh	
Demanda de electricidad - diaria - CA	kWh	66,600
Correlación recurso-carga intermitente		Positivo

**Porcentaje del mes usado**

Mes	Caso base	Caso propuesto
Enero	51%	51%
Febrero	43%	43%
Marzo	58%	58%
Abril	70%	70%
Mayo	85%	85%
Junio	94%	94%
Julio	100%	100%
Agosto	93%	93%
Setiembre	83%	83%
Octubre	75%	75%
Noviembre	64%	64%
Diciembre	57%	57%

	Caso base	Caso propuesto	Energía ahorrada	Costos iniciales incrementales
Demanda de electricidad - anual - CC	MWh	0,000	0,000	
Demanda de electricidad - anual - CA	MWh	17,731	17,731	
Carga punta - anual	kW		10,00	

Posteriormente, para determinar el porcentaje que se utiliza en cada mes se calcula el valor respecto a la cantidad de grados días, para esto se define que julio es el mes en donde hay un uso del 100% de la calefacción y se repite el proceso con los siguientes meses.

	Grados - días de calentamiento	Porcentaje
Mes	°C-d	%
Enero	272	51%
Febrero	227	43%
Marzo	309	58%
Abril	374	70%
Mayo	455	85%
Junio	501	94%
Julio	534	100%
Agosto	497	93%
Setiembre	443	83%
Octubre	399	75%
Noviembre	343	64%
Diciembre	305	57%

Tabla 24 Valores de grados días y porcentaje al que corresponden Fuente: Elaboración propia en base a información de Retscreen

En el siguiente paso se ingresan los datos del inversor, que para este proyecto se considera uno de capacidad de 10 kW con una eficiencia de 95% y 0% de pérdida. Además, se ingresa un amperaje de 3500 Ah, ya que estos son capaces de acumular sobre 80 kWh en un día.

<b>Inversor</b>				<b>Costos iniciales incrementales</b>	
Capacidad	kW	10,0	Carga de punta - anual - CA	\$	1.500.000
Eficiencia	%	95%			
Pérdidas varias	%	0%			
<b>Batería</b>					
Días de autonomía	d	1,0			
Tensión	V	24,0			
Eficiencia	%	100%			
Máxima profundidad de descarga	%	100%			
Eficiencia del controlador de carga	%	100%			
Método de control de temperatura		Ambiente			
Reducción promedio de la capacidad de la batería por temp.	%	11,6%			
Capacidad	Ah	3.500	3.369	\$	-
Batería	kWh	84			
<b>Tecnología</b>				Fotovoltaico	
<b>Evaluación de recursos</b>					
Modo de rastreo solar		Fijado			
Inclinación	°	45,0			
Azimut	°	180,0			

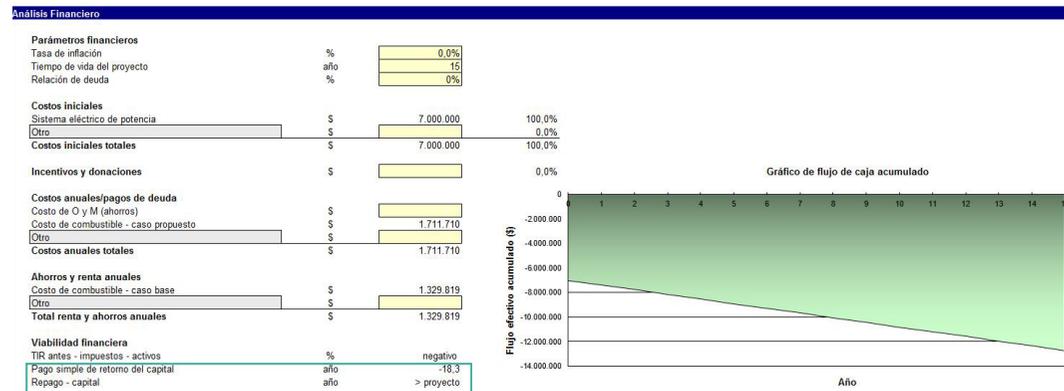
	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado	Electricidad entregada a la carga	Electricidad entregada a la carga	Porcentaje de electricidad entregada según la demanda
Mes	kWh/m <sup>2</sup> /d	kWh/m <sup>2</sup> /d	MWh	Kwh	%
Enero	6,28	5,69	0,84	840,9	42,0
Febrero	4,72	4,70	0,53	529,8	26,5
Marzo	3,39	3,83	0,65	651,9	32,6
Abril	2,09	2,82	0,57	568,6	28,4
Mayo	1,23	1,96	0,50	501,9	25,1
Junio	0,97	1,73	0,48	479,9	24,0
Julio	0,99	1,57	0,48	481,8	24,1
Agosto	1,59	2,23	0,63	629,6	31,5
Setiembre	2,85	3,43	0,82	823,7	41,2
Octubre	4,74	4,98	1,10	1100,2	55,0
Noviembre	5,53	5,13	0,93	934,2	46,7
Diciembre	6,10	5,38	0,90	896,3	44,8
Anual	3,37	3,61	8,44	8438,8	421,9

Tabla 25 Porcentaje de generación de calefacción por paneles fotovoltaicos mes a mes  
Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en Retscreen, 2016

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m²	1,23	
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m²	1,32	
<b>Fotovoltaico</b>			
Tipo		mono-Si	
Capacidad de generación eléctrica	kW	10,00	100,0%
Fabricante		JA Solar	
Modelo		mono-Si - JAM6(BK)-60-250/SI	40 unidad(es)
Eficiencia	%	15,3%	
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45	
Coefficiente de temperatura	% / °C	0,40%	
Área del colector solar	m²	65,4	
Método de control		Rastreador de punto de máxima potencia	
Pérdidas varias	%	5,0%	
<b>Resumen</b>			
Factor de utilización	%	9,6%	
Electricidad entregada a la carga	MWh	8,44	47,6%
<b>Sistema eléctrico de potencia de carga punta</b>			
Tecnología		Electricidad de la red	
Precio del combustible	\$/kWh	175,000	
Eficiencia del cargador	%	95,0%	
Capacidad sugerida	kW	10,0	
Capacidad	kW		0,0%
Electricidad entregada a la carga	MWh	9,3	52,4%

Con 40 paneles solares se puede suplir una demanda total anual del 47,6 %, que cubriría una superficie de 64 m<sup>2</sup> de la vivienda.



Pero a nivel económico no es rentable como negocio, debido a que la tasa de retorno es negativo.

Por otra parte, si se considera la geometría solar de la ciudad de Coyhaique en el solsticio de invierno (Heliodon, 2016), podemos ver que los meses de mayo, junio y julio que es donde hay mayor demanda de calefacción y donde más se necesitaría radiación, la radiación solar es mayor en un ángulo de 69°.

	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado	Electricidad entregada a la carga	Electricidad entregada a la carga	Porcentaje de electricidad entregada según la demanda
Mes	kWh/m <sup>2</sup> /d	kWh/m <sup>2</sup> /d	MWh	Kwh	%
Enero	6,28	4,45	0,67	668,3	33,4
Febrero	4,72	3,90	0,44	444,4	22,2
Marzo	3,39	3,41	0,58	583,7	29,2
Abril	2,09	2,71	0,55	547,0	27,3
Mayo	1,23	1,99	0,51	510,4	25,5
Junio	0,97	1,82	0,50	502,7	25,1
Julio	0,99	1,61	0,49	491,2	24,6
Agosto	1,59	2,19	0,62	616,4	30,8
Setiembre	2,85	3,14	0,76	758,4	37,9
Octubre	4,74	4,23	0,94	943,5	47,2
Noviembre	5,53	4,09	0,75	754,3	37,7
Diciembre	6,10	4,17	0,71	706,2	35,3
Anual	3,37	3,14	7,53	7526,6	376,3

Tabla 26 Porcentaje de generación de calefacción por paneles fotovoltaicos mes a mes Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos en Retscreen, 2016

Según esto, se puede apreciar que hay dos formas de poder instalar los colectores solares para poder obtener el máximo de aprovechamiento y beneficio. En techumbre a 45° que cumple en los meses de menos demanda y en muros a 69° en los meses de mayor demanda (invierno). Sin embargo, esta sigue siendo insuficiente para satisfacer completamente la demanda por lo que es necesario el uso de una calefacción complementaria que puede ser uso de estufa a pellet que tiene un menor grado de contaminación que la leña.

Finalmente, se necesitarían 40 paneles fotovoltaicos para cubrir en un 47,6% de la demanda. Lo más recomendable para calefacción solar, es la utilización de calefacción

radiante eléctrica de piso, mediante una lámina calefactora llamada ECOFILM este tipo de calefacción tiene un consumo eléctrico inteligente por medio de termostatos. La instalación es de fácil acceso y tiene un calentamiento inmediato.

Este sistema produce 140 watts/m<sup>2</sup> en un voltaje de 220 -240 V. Esta calefacción será utilizada en zonas donde se necesita mayor confort, ya que debido al funcionamiento de este sistema ayuda a calefaccionar otros espacios de vivienda con el calor que libera, esto gracias a que el calor que genera se guarda en la loseta que puede ser de 10 cm de espesor y que posteriormente se libera al interior de vivienda, ayudando así a que todos los espacios estén calefaccionados.



Imagen 109 Calefacción radiante eléctrica de piso Fuente: Primaterm, 2016

Este tipo de calefacción será utilizada en dormitorios, living - comedor y baños, debido a que estos sectores son los que necesitan de un mayor confort dentro de la vivienda (CDT, 2015). La distribución de las franjas de calefacción al interior de la vivienda será dependiendo de la proporción de los espacios.

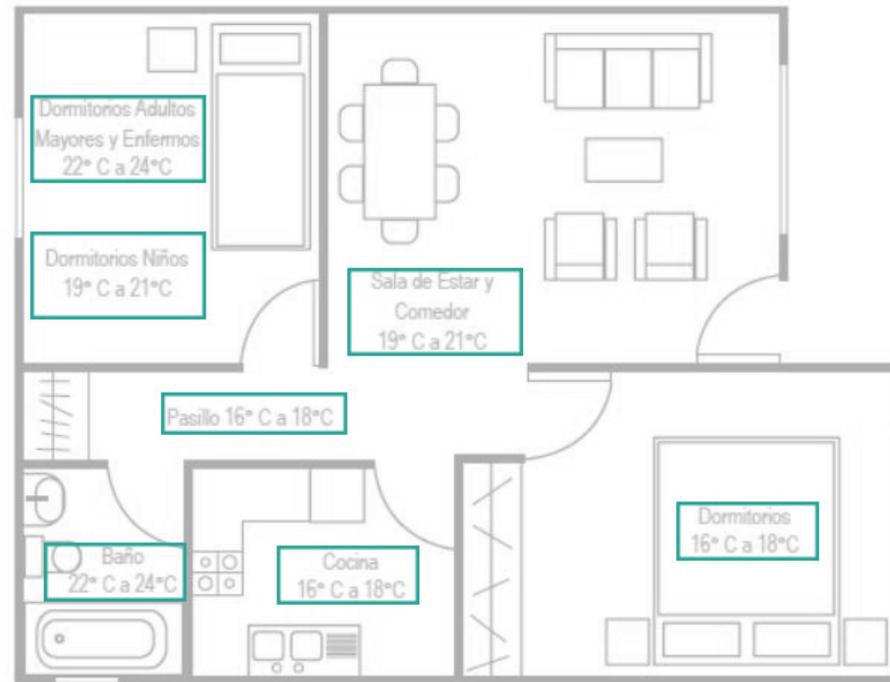


Imagen 110 Distribución de temperaturas de confort en una vivienda  
Fuente: CDT, 2015

A partir de entender cuáles son los espacios principales dentro de la vivienda ( Imagen 110) que necesitan ser calefaccionados, se propone una nueva distribución de la calefacción a través de losa radiante eléctrica.

### 6.10.3 Propuesta de distribución



Imagen 111 Esquema de distribución de losa radiante en planta Vivienda Caso de Estudio 1 y 2  
Fuente: Elaboración propia, 2016

En general, es necesario principalmente disminuir la demanda a la mitad a través de un mejoramiento de aislación térmica y que las leyes de distribución funcionen como en el resto de los países. Al obtener estos nuevos consumos, no es incongruente pensar en la utilización de la energía solar para calefaccionarse con electricidad.

Proyecto de generación eléctrica			
<b>Sistema eléctrico de potencia del caso base</b>			
Tipo de red	Fuera-red		
Tecnología	Electricidad de la red		
Precio del combustible	\$/kWh	175,000	
Capacidad	kW	10,00	
Costo anual de operación y mantenimiento	\$	0	
Tarifa de electricidad - caso base	\$/kWh	175,000	
Costo total de electricidad	\$	1.537.478	
<b>Características de la carga</b>			
<input checked="" type="radio"/> Método 1 <input type="radio"/> Método 2			
	<b>Unidad</b>	<b>Caso base</b>	<b>Caso propuesto</b>
Demanda de electricidad - diaria - CC	kWh		
Demanda de electricidad - diaria - CA	kWh	33,000	33,000
Correlación recurso-carga intermitente			Positivo

**Evaluación de recursos**

Modo de rastreo solar	Fijado
Inclinación	45,0
Azimut	180,0

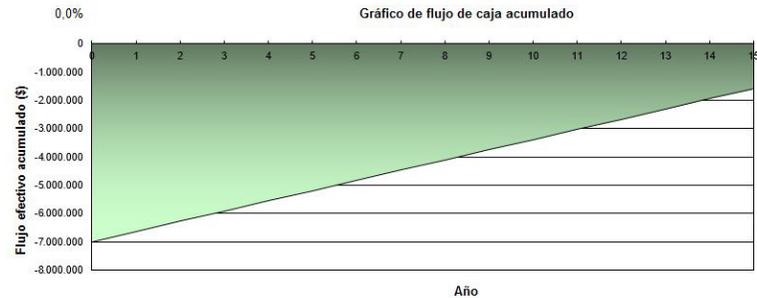
Mostrar datos

Mes	Radiación solar	Radiación solar	Electricidad
	diaria - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	diaria - inclinado kWh/m <sup>2</sup> /d	entregada a la carga MWh
Enero	6,28	5,69	0,55
Febrero	4,72	4,70	0,42
Marzo	3,39	3,83	0,62
Abril	2,09	2,82	0,57
Mayo	1,23	1,96	0,50
Junio	0,97	1,73	0,48
Julio	0,99	1,57	0,48
Agosto	1,59	2,23	0,63
Setiembre	2,85	3,43	0,82
Octubre	4,74	4,98	0,81
Noviembre	5,53	5,13	0,67
Diciembre	6,10	5,38	0,61
<b>Anual</b>	<b>3,37</b>	<b>3,61</b>	<b>7,17</b>
Radiación solar anual - horizontal	MWh/m <sup>2</sup>	1,23	
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m <sup>2</sup>	1,32	

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m <sup>2</sup>	1,23	
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m <sup>2</sup>	1,32	
<b>Fotovoltaico</b>			
Tipo		mono-Si	
Capacidad de generación eléctrica	kW	10,00	100,0%
Fabricante		JA Solar	
Modelo		mono-Si - JAM6(BK)-60-250/SI	40 unidad(es)
Eficiencia	%	15,3%	
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45	
Coefficiente de temperatura	% / °C	0,40%	
Área del colector solar	m <sup>2</sup>	65,4	
Método de control		Rastreador de punto de máxima potencia	
Pérdidas varias	%	5,0%	
<b>Resumen</b>			
Factor de utilización	%	9,6%	
Electricidad entregada a la carga	MWh	7,17	81,6%
<b>Sistema eléctrico de potencia de carga punta</b>			
Tecnología		Electricidad de la red	
Precio del combustible	\$/kWh	175,000	
Eficiencia del cargador	%	95,0%	
Capacidad sugerida	kW	10,0	
Capacidad	kW		0,0%
Electricidad entregada a la carga	MWh	1,6	18,4%

#### Análisis Financiero

<b>Parámetros financieros</b>			
Tasa de inflación	%	0,0%	
Tiempo de vida del proyecto	año	15	
Relación de deuda	%	0%	
<b>Costos iniciales</b>			
Sistema eléctrico de potencia	\$	7.000.000	100,0%
Otro	\$		0,0%
<b>Costos iniciales totales</b>	\$	7.000.000	100,0%
<b>Incentivos y donaciones</b>			
	\$		0,0%
<b>Costos anuales/pagos de deuda</b>			
Costo de O y M (ahorros)	\$		
Costo de combustible - caso propuesto	\$	298.376	
Otro	\$		
<b>Costos anuales totales</b>	\$	298.376	
<b>Ahorros y renta anuales</b>			
Costo de combustible - caso base	\$	658.919	
Otro	\$		
<b>Total renta y ahorros anuales</b>	\$	658.919	
<b>Viabilidad financiera</b>			
TIR antes - impuestos - activos	%	-3,1%	
Pago simple de retorno del capital	año	19,4	
Repago - capital	año	> proyecto	



Sin embargo, si se disminuye la demanda actual a la mitad el 81 % de la calefacción podría ser producida por energía solar, disminuyendo considerablemente el gasto y la contaminación atmosférica de Coyhaique. Lamentablemente, la inversión inicial es costosa por lo que se necesitaría de un subsidio estatal para poder apalear los costos. Pero, idealmente es necesario seguir disminuyendo la demanda hasta llegar alrededor de 60 (kWh/ (m2año) que son viviendas energéticamente eficientes.

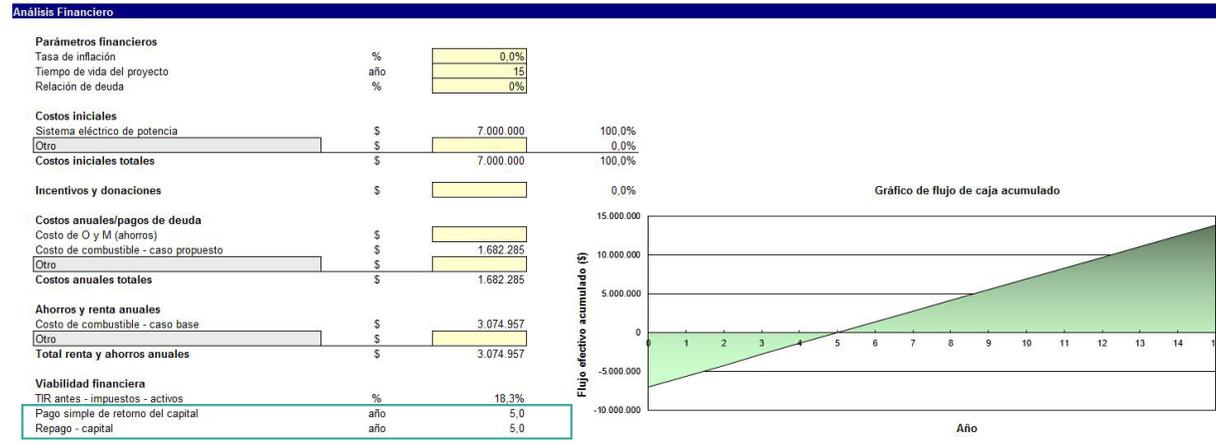
Además, es muy importante entender que para mejorar la legislación de generación de nuestra propia energía, las compañías deben cancelar el mismo valor por el kWh que se inyecta a la red por el que se ocupa (Feed-in Tariff). Si la ley funciona de esta manera la utilización de paneles solares para calefacción comienza a ser rentable y podría ser una opción para poder pensar en usar Energía Renovables No Convencionales. Pero esto deja de ser rentable para las compañías energéticas, es por eso que se necesita urgente un cambio en el incentivo como lo han hecho en países como Alemania y España, que al no poseer las mejores condiciones solares han querido que gran parte de su matriz energética depende de ERNC entendiendo que si el medio ambiente está bien mejora la calidad de vida de los habitantes por sobre el negocio energético.

Sistema eléctrico de potencia del caso base		Fuera-red	
Tipo de red		Electricidad de la red	
Tecnología			
Precio del combustible	\$/kWh	175.000	
Capacidad	kW	10,00	
Costo anual de operación y mantenimiento	\$	0	
Tarifa de electricidad - caso base	\$/kWh	175.000	
Costo total de electricidad	\$	3.074.957	

Características de la carga		Unidad	
		Caso base	Caso propuesto
Demanda de electricidad - diaria - CC	kWh		
Demanda de electricidad - diaria - CA	kWh	66,000	66,000
Correlación recurso-carga intermitente			Positivo

Método 1  
 Método 2



Con la nueva legislación el uso de los paneles solares se cancela en un periodo de 5 años, siendo más viable su uso, debido al corto plazo del retorno de la inversión económica.

Para el caso de considerar 50 paneles solares y la mitad de la demanda actual, se cubre una demanda total de 89,6 %. Para el mes más frío en comparación con el caso anterior de 40 paneles solares se obtiene un 25 % más de la demanda, ya que sube de 0.48 MW a 0.60MW.

Mes	Radiación solar	Radiación solar	Electricidad
	diaria - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	diaria - inclinado kWh/m <sup>2</sup> /d	entregada a la carga MWh
Enero	6,28	5,69	0,55
Febrero	4,72	4,70	0,42
Marzo	3,39	3,83	0,62
Abril	2,09	2,82	0,71
Mayo	1,23	1,96	0,63
Junio	0,97	1,73	0,60
Julio	0,99	1,57	0,60
Agosto	1,59	2,23	0,79
Setiembre	2,85	3,43	0,86
Octubre	4,74	4,98	0,81
Noviembre	5,53	5,13	0,67
Diciembre	6,10	5,38	0,61
<b>Anual</b>	<b>3,37</b>	<b>3,61</b>	<b>7,87</b>

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m <sup>2</sup>	1,23
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m <sup>2</sup>	1,32

No se plantean desde el inicio los 50 paneles solares, porque a medida que aumenta el porcentaje de demanda que cubre, aumenta también el porcentaje de superficie cubierta con ellos, llegando a 80 m<sup>2</sup>. Lo que se traduciría a que una casa de 90 m<sup>2</sup> tendría casi la totalidad de la techumbre cubierta con paneles. En este caso la solución sería mezclar ambas posiciones de 45° y 69° de inclinación.

<b>Fotovoltaico</b>				
Tipo		mono-Si		
Capacidad de generación eléctrica	kW	12,50	125,0%	\$ 6.750.000
Fabricante		JA Solar		
Modelo		mono-Si - JAM6(BK)-60-250/SI	50 unidad(es)	
Eficiencia	%	15,3%		
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45		
Coefficiente de temperatura	% / °C	0,40%		
Área del colector solar	m <sup>2</sup>	81,8		
Método de control		Rastreador de punto de máxima potencia		
Pérdidas varias	%	5,0%		
<b>Resumen</b>				
Factor de utilización	%	9,6%		
Electricidad entregada a la carga	MWh	7,87	89,6%	
<b>Sistema eléctrico de potencia de carga punta</b>				
Tecnología		Electricidad de la red		
Precio del combustible	\$/kWh	175,000		
Eficiencia del cargador	%	95,0%		
Capacidad sugerida	kW	10,0		
Capacidad	kW		0,0%	
Electricidad entregada a la carga	MWh	0,9	10,4%	



# CAPITULO 7

CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES GENERALES

Luego de haber realizado la presente tesis de investigación, y haber estudiado y analizado la información que se ha expuesto, queda de manifiesto que es un mito que el uso de la energía solar en Chile solo es posible en ciertas zonas, como en el Norte del país. Se dejó en claro que en la zona Sur también se pueden desarrollar proyectos de la misma categoría, siempre que se realicen entendiendo el contexto del lugar, principio básico de la arquitectura sustentable y el urbanismo bioclimático. A pesar, de que en la actualidad se han realizado propuestas de viviendas bioclimáticas en distintas partes del Sur y estudios de potenciales energéticos en Coyhaique como en el programa Comuna Energética, el estudio de la investigación es un aporte inédito de cuantificación y estimación de la incorporación de ERNC para calefacción.

Dentro del proceso, se desarrolló un diagnóstico y levantamiento de las condiciones de confort térmico actuales en viviendas de ingresos medios en Coyhaique, se determinó el consumo y costos de la leña por vivienda para mantener los niveles de confort/ disconfort, la cual es la principal fuente de calefacción en la ciudad. Posterior a esto se cuantificó la cantidad energética requerida por energías limpias para llegar al nivel de confort / disconfort actual y se cuantificó la potencia que generan las tecnologías solares en la ciudad de Coyhaique.

El sistema de calefacción elegido fue losa radiante eléctrica de piso, y para determinar su efectividad se analizó el porcentaje de satisfacción de la demanda de calefacción dentro de las viviendas, al utilizar la energía solar transformada en electricidad, se determinó que los paneles solares podían suplir una demanda del 47,6 % anualmente, y un 25% en el mes más desfavorable.

Finalmente se elaboraron recomendaciones arquitectónicas que incorporen energías renovables no convencionales para calefacción y criterios de sustentabilidad que promuevan la valoración local y la innovación, que permitan acelerar la transformación del medio ambiente construido hacia uno más saludable, con mejor calidad de vida, productivo, resiliente y sustentable. Al mismo tiempo, se realizó un trabajo de campo con la comunidad, en donde a través de 40 entrevistas se determinó la viabilidad cultural de la inserción de nuevas tecnologías en los sistemas de calefacción. Además, se realizaron recomendaciones en el plano urbanístico considerando emplazamiento, orientación, tejido urbano y contexto local para señalar mejoras a nivel de planificación urbana, trabajando con la morfología urbana.

Por medio de este proceso realizado se cumplieron los objetivos y se corroboró la hipótesis planteada en un inicio de la investigación, las actividades experimentales que se llevaron a cabo permitieron demostrar que la utilización de energías renovables no convencionales permitiría construir una alternativa factible para

lograr la reducción de la demanda energética y a futuro lograr la descontaminación de la ciudad de Coyhaique. Esto se logra a través de la implementación de paneles fotovoltaicos que utilizan la energía solar para transformarla en electricidad.

Un problema que se presenta en esta solución radica en la cantidad total de paneles solares que se deben utilizar para suplir la demanda total de calefacción de una vivienda actual. Demanda que depende indiscutiblemente de la materialidad de la vivienda y en específico de la aislación térmica que esta posea. Al monitorear y estudiar los casos de estudio se pudo descubrir que la aislación térmica es nula en las viviendas y los usuarios apelan a la calefacción a leña como la principal fuente de calor. Dejando de lado la utilización de sistemas pasivos y en especial a la arquitectura en sí.

Como se mencionó, la utilización de energía solar como una opción para calefaccionar una vivienda y lograr la descontaminación de la ciudad, si es posible reduciendo al máximo la demanda energética en las viviendas. Por lo que, es necesario que las autoridades y el Estado, sean los primeros en tomar medidas en esta materia y posteriormente seguir con el tema de la tecnología más idónea para calefaccionar las viviendas sin mayor contaminación.

En relación a la sub hipótesis planteada, queda demostrado en base a los casos de estudio y al monitoreo realizado, que la vivienda que se encuentra dentro de la zona de

mayor contaminación presenta al interior temperaturas más desfavorables que la vivienda que se encuentra en la zona de menos contaminación, esto debido a que hay menos obstrucción al paso de la radiación solar.

Al realizar mediciones de transeptos en calle Simpson y Las quintas, fue posible apreciar que ambas calles tenían un comportamiento distinto debido a la geografía que poseían, la calle Simpson presentaba una pendiente más pronunciada que hacia variar sus temperaturas en los tramos seleccionados, en el tramo de menor pendiente se registraron temperaturas inferiores a los tramos de mayor pendiente. En cuanto a la calle Las quintas, esta registraba temperaturas más estables en los distintos tramos, debido a que posee una menor pendiente que la calle Simpson. A pesar de haber diferencias en las temperaturas registradas para ambas calles, se puede determinar que no se presentan efectos climáticos tan fuertes, debido a que las edificaciones son de baja altura por lo que no observan bolsones fríos o se produce una isla de calor tan marcada como en otras ciudades del país.

Esto muestra que Coyhaique presenta una estructura urbana, en la cual aumenta su pendiente en sentido oriente - poniente y presenta una menor pendiente en sentido norte- sur, lo que acentúa la forma de cuenca y con ello el efecto de contaminación ambiental, lo que produce una reducción de la ventilación de la ciudad.

Además se descubrió que la humedad relativa es mayor en la vivienda ubicada en una zona de mayor contaminación, se suma que las bajas temperaturas ayudan a la producción de agentes externos como hongos u otros microorganismos perjudiciales para la salud. Demostrando que al interior de la vivienda quedan gases de una combustión incompleta como vapor de agua y otros gases contaminantes (dióxido de carbono y monóxido de carbono) que promueven la contaminación intradomiciliaria favoreciendo los ambientes insanos y sin confort (Rodríguez, 2003). Como fue posible apreciar en el análisis económico el proyecto no es viable en las circunstancias actuales en que se encuentra la normativa chilena, siendo poco rentable y con una tasa de retorno a muy largo plazo. Sin embargo, se quiere dejar en claro que la investigación no apunta a satisfacer la variable económica, sino que busca demostrar que si es posible generar electricidad a través de energía solar en la ciudad de Coyhaique.

La tesis de investigación se presenta como la culminación de un proceso de aprendizaje académico dentro del área de la construcción y el urbanismo sustentable, que incluye el Seminario de investigación, Práctica profesional y Diplomado de Postítulo en Arquitectura Sustentable. Durante este período recibí la colaboración de distintos profesionales que aportan en gran medida al desarrollo de la investigación, ingenieros, arquitectos y constructores. Se utilizaron softwares, para complementar el trabajo, como Retscreen y Ecotec, los cuales forman parte del proceso de aprendizaje en los últimos años académicos.

Es importante mencionar que, si bien los objetivos e interrogantes establecidos en la presente investigación se han cumplido, a lo largo de esta se han desarrollado nuevas inquietudes, como la generación de un prototipo de vivienda con este tipo de calefacción, para poder observar en la práctica cómo funciona el sistema.

### 7.1 Viviendas enfermas hacia viviendas saludables

Las viviendas actualmente en Coyhaique poseen una alta demanda energética, debido a las falencias que poseen desde su constitución, entendiéndose que gran parte del casco histórico de la ciudad fue construido antes de existieran normas de reglamentación. Es por esto, que hoy día se cuenta con una vasta cantidad de viviendas preexistentes que poseen grandes deficiencias en este aspecto, que no solo contaminan el exterior, sino que al interior también presentan muchas problemáticas. Sabiendo esto, es que se puede afirmar que las viviendas presentan problemas de habitabilidad en su interior y si esto está fallando, entonces la arquitectura está fracasando en su concepto, ya que se debe entender que la habitabilidad es “lo que determina a la arquitectura y lo que la distingue de todas las otras bellas artes en el mundo de la cultura” (López, 2010). Además de ser un concepto que cumple un rol importante dentro de la salud, confort y rendimiento de las personas, es debido a esto es que es de vital importancia diseñar viviendas que sean energéticamente eficientes, pero a

su vez confortables y saludables para las personas que habitaran estos espacios.

Mantener los rangos establecidos de confort ambiental al interior de las viviendas tiene estrecha relación con la salud de las personas; si estos son deficientes afectarán directamente la salud de los habitantes, pero si estos son buenos mejorará considerablemente la calidad de vida de las personas. Por lo que no se debe ver como un atributo adicional sino que debe estar incorporado en cualquier diseño de vivienda, ya que según la OMS las condiciones de la vivienda han sido reconocidas desde hace tiempo como una de los cuatro factores determinantes para la salud (Conama, 2008).

Sin embargo, el comportamiento interior de las viviendas en la ciudad de Coyhaique presenta problemas en el confort ambiental considerándolas como “viviendas enfermas”, principalmente porque poseen una alta humedad relativa en su interior, temperaturas inferiores a las requeridas, mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> que las permitidas, generan contaminación al exterior, entre otras falencias.

Uno de los principales desafíos frente a la contaminación es la implementación de viviendas saludables y el mejoramiento de la calidad de las viviendas para reducir los impactos de la contaminación ambiental y más allá del cambio climático. Por eso es importante, fomentar el diseño de espacios que procuren un entorno ambientalmente

adecuado, que las viviendas den al ser humano protección frente a las agresiones externas, pero cuidando que estas edificaciones no produzcan agresiones contaminantes para el medio ambiente ni para el habitante.

Es importante entender que una vivienda saludable debe ser un espacio confortable, seguro y armónico para vivir, un lugar vital y necesario para el desarrollo de cada persona y un espacio familiar en el que se compartir momentos y se fortalezcan las relaciones afectivas (Organización panamericana de la salud, 2011). Pero también hay tener claro que debe haber una relación estrecha entre vivienda y entorno, ya que la salud y el bienestar están íntimamente relacionados con los lugares donde las personas viven.

Este tipo de viviendas no solo integra atributos sustentables, sino que también se preocupa sobre la salud de las personas y la salud del planeta, ya que ambos objetivos son vitales para el cuidado medio ambiente.

A partir del concepto de viviendas saludables se plantean algunos objetivos claros para lograrlo: entornos limpios y paisajes curativos, conexión efectiva del interior con el exterior, óptimo diseño del cerramiento como una segunda piel, ambientes interiores terapéuticos, distribución funcional según criterios higiénicos, incremento de las oportunidades de “adaptación”, confort con autosuficiencia energética, gestión eficiente del agua, construcción sin residuos y comunidades y

vecindarios saludables (Conama, 2008).

De esta manera la “vivienda saludable” *debe ser entendida como una nueva visión, como un concepto complejo y multidimensional que integra la promoción de la salud de las personas al tiempo que considera el medioambiente y la preservación de los recursos naturales dentro de un marco económicamente accesible para cualquier persona (Conama, 2008).*

Finalmente, la clave del concepto de vivienda saludable no es solo invertir en la infraestructura de la vivienda, sino que ayudar en la salud de las personas y la conservación del medio ambiente.

## 7.2 Calefacción Solar

El recurso solar en Chile es un recurso extraordinario, ya que se presentan cielos transparentes y se cuenta con un 30 a 40 % más del recurso que en Europa. Como se demostró anteriormente en los capítulos, el potencial de los países que tienen mayor desarrollo en esta materia por ejemplo España y Alemania, están por debajo de los potenciales solares que presenta Chile e inferior a los que presenta Coyhaique específicamente. En relación a lo anterior, se entiende que se puede obtener calefacción a través de energía solar, pero para esto se debe tener claro que la superficie que se podría utilizar sería un porcentaje considerable de la superficie construida y dejando establecido que se puede

hacer con la energía disponible en los días que no se necesita calefacción, pero para Coyhaique esto no es tan relevante debido a que utilizan calefacción durante todo el año, más fuertemente entre los meses de Mayo a Septiembre.

Además, hay que considerar que el costo del combustible es cada vez más caro, entonces la calefacción se traduce en un consumo importante dentro de la vivienda y poder optimizarla ayuda a reducir también el presupuesto total de una familia.

Por otra parte, hay que tener claro que para poder hacer un análisis de calefacción hay que tener en consideración el mejoramiento de la aislación térmica, aprovechar los sistemas pasivos y posteriormente pensar en la utilización de un sistema activo, ya que se debe considerar que los sistemas pasivos tienen una vida útil mucho más duradera que los activos ayudando a la economía de la vivienda. En el caso de Coyhaique, muchas de las problemáticas del alto consumo de leña pasan por estos temas, porque no se ha querido tomar el problema desde la raíz, sino que se implementado soluciones parciales que aumentan el presupuesto estatal pero que no solucionan el problema de fondo, sumado a una mala planificación de las construcciones y una falta de regularización en temas de construcción en zonas extremas. Es por esto, que la principal medida a realizar es disminuir la demanda a la mitad de las actuales viviendas en Coyhaique, realizando un reacondicionamiento térmico, recambio de ventanas, sellado de infiltraciones de las viviendas, entre otras;

para a continuación seguir con el uso de energías renovables para calefaccionar, ya que con la demanda actual es muy difícil llegar a niveles importantes con este tipo de sistema, debido a la gran cantidad de paneles que deberían utilizarse siendo un proyecto económicamente inviable. Además, de incorporar estrategias urbanas en donde se privilegie la localización, el lugar, el clima, la geografía y los tejidos urbanos. Si la morfología urbana y las viviendas responden al lugar, estas también tienen un mejor comportamiento energético, debido a que son parte del entorno.

Se necesitan normas que se centren en el desarrollo de construcciones en climas específicos, porque debemos entender que Chile no se comporta de Arica a Puerto Williams de la misma manera y cada zona presenta nuevas divisiones climáticas. Entendiendo como se comporta el clima y entendiendo que se deben aprovechar los sistemas pasivos en función de mejor la arquitectura local, es que podremos tener ciudades con menos contaminación y viviendas que respondan al lugar para finalmente mejorar la calidad de vida de las personas.

Por otra parte, la normativa que abarca el uso de energías renovables no convencionales posee muchas falencias que no ayudan en nada a promover la utilización de estas en las distintas ciudades, menos aún en donde hay una carencia de subsidios o proyectos que promuevan el uso de ellas, más allá de solo paneles fotovoltaicos y colectores de agua sanitaria. Sino que hacer que un

gran porcentaje de las energías utilizadas provengan de una fuente renovable no agotable como lo han alcanzado los países desarrollados. Permitiendo tener una matriz energética más fraccionada y así no depender en gran medida de los combustibles fósiles, ya que es inminente su agotamiento.

A pesar que la ley de generación distribuida da la posibilidad de autoabastecerse de electricidad y permitir la venta de los excedentes a las compañías distribuidoras de energía, esto no es suficiente para motivar a los usuarios a utilizarlo, ya que esta paga poco más de la mitad del precio de la electricidad que se consume en las viviendas, generando una recuperación de la inversión en un plazo excesivamente largo. Lo que hace que no haya un real impacto en el uso de este tipo de energías.

Es debido a esto, que actualmente hay muy pocos proyectos en carpeta que tengan una gran magnitud o impacto en las ciudades, por lo que no se ha podido ver el verdadero beneficio que se podría tener en las ciudades si un porcentaje adecuado proviniera de energías renovables. Como sería en el caso de Coyhaique, promover la utilización de calefacción que proviene de energía solar, más otro mecanismo que complementa a este. Es así, como el porcentaje de contaminación en la ciudad disminuiría considerablemente, además de disminuir el presupuesto familiar destinado a este consumo.

Por lo pronto, sabemos que estamos a mucha distancia de

los países desarrollados en esta materia, pero empezar a poner estos temas en discusión, hace también que se pueda a empezar hablar de ellos y que en un futuro estos sean las soluciones de las futuras generaciones.

### 7.3 En el futuro: barrios solares el camino para ciudades sustentables

Antes de entender la ciudad como una unidad, debemos entenderla como un conjunto de barrios que unidos entre si conforman las ciudades. Que a través del comportamiento en conjunto se puede obtener variados beneficios dentro de estos, por ejemplo, poder crear un sistema comunitario de calefacción a través de energía solar, en el cual se podrían apreciar efectos positivos de gran escala en el medio ambiente.

Es por esto, que la idea de barrio solar cobra mayor relevancia, ya que estos tienen como objetivo producir energía solar tanto activa como pasiva con el fin de producir toda la energía que requieren. Este tipo de barrios no difiere mucho de los actuales pero tienen como fundamento que a través de su diseño aprovechan al máximo la radiación de sol. Por otra parte, suplen sus necesidades básicas como electricidad, agua caliente y calefacción a través de una fuente limpia como lo son las energías renovables.

La nueva idea de barrio puede permitir vivir en armonía con el entorno, lo que nos hace pensar en un futuro

sustentable que nos encamine hacia ciudades integrales. Pero para esto es necesario tener algunas consideraciones para lograr un desarrollo urbano sustentable como: continuar incentivando la utilización de energías renovables, fomentar el uso de transporte público y otros modos de transporte, limitar el uso de recursos no renovables e implementar nuevas tecnologías para la reutilización. Entendiendo, que la sustentabilidad ya no es un valor agregado, sino que debe ser un concepto dentro de la ética de la arquitectura.

Si sabemos que la sustentabilidad es un concepto incorporado dentro de los nuevos diseños, podremos pensar en un futuro llegar a ciudades más sustentables e inteligentes en donde por ejemplo el tema de las pequeñas y grandes urbes como centro de contaminación no sea tema, ya que este estaría solucionado a través de plantear de una nueva manera la arquitectura, el urbanismo y las distintas necesidades a través del uso de nuevas tecnologías que sean a fines con el medio ambiente y los habitantes tengan una conciencia más amigable con su entorno. Además de proveer espacios públicos donde haya áreas verdes que permitan realizar una gran cantidad de actividades.

El objetivo de las ciudades sustentables es proveer de una mejor calidad de vida a sus habitantes, es debido a esto que para alcanzar estos nuevos desarrollos depende de la motivación de los arquitectos y otras disciplinas, pero en gran medida depende de los habitantes, que aprendan interactuar como comunidades y en conjunto

para alcanzar ciudades que sean autosuficiente con los recursos naturales que el planeta nos entrega. Sin dañarlo sino que entregándole nuevas herramientas para las futuras generaciones.

Por otra parte, hay que tener claro que la morfología urbana incide en la optimización de la captación solar, es por esto que es importante ponerlo en discusión e integrarlo en las nuevas planificaciones de ciudades, planificaciones que faciliten la incorporación de arquitectura bioclimática y la generación de energía solar para satisfacer las necesidades a través del autoconsumo. Por esto es relevante entender que la planificación de las ciudades ayuda mucho en el desempeño energético que estas puedan tener.

Finalmente, Coyhaique requiere de cambios importantes durante los siguientes años, para poder superar su creciente contaminación y su nueva agenda energética. Sabemos que algunas medidas se han incorporado en el último tiempo, pero esta hasta al momento ha sido solo anestesia para una enfermedad mayor, y hoy es el momento para que esto cambie. Esto va más allá de solo dejar de utilizar bolsas plásticas, recambio de artefacto y usar leña seca. Es momento para ser un cambio radical en la concepción de la ciudad y dar un vuelco para transformarse en una ciudad más sustentable que sea autosuficiente aprovechando al máximo los recursos disponibles. La contaminación es solo una llamado de atención para las autoridades, que con las planificaciones actuales de las

ciudades no están funcionando sino empeorando su calidad de vida. Más allá de lo apocalípticas que puedan parecer estas frases, este es el momento para ir un paso más allá en la evolución de nuestras ciudades, ya que esta es la oportunidad para que esto cambie. calidad de vida de las personas como del entorno.

Es por esto que, sabiendo que la responsabilidad de la contaminación de Coyhaique es de todos y todas sus habitantes considerar la importancia de realizar acciones colectivas y que comprometan a toda la ciudadanía.

#### 7.4 Nueva cultura: cambios a través de la educación de la población

Si bien se sabe que la contaminación de la ciudad es debido al mal uso de los calefactores y la mala calidad de la leña, esto también se debe principalmente a la falta de educación de la población en temas de calefacción. Por lo que, educar acerca de esta materia se hace de vital importancia para generar cambios en los patrones de uso.

Pero no solo es importante educar en el uso adecuado de la calefacción sino también en todo lo que tiene que ver con temas de sustentabilidad, como ejemplo poder disminuir los gastos energéticos, el uso de los paneles solares y su mantención para lograr una vida útil mayor, la generación de puntos limpios, el uso compartido del automóvil, huertos comunitarios, entre otros. Entendiendo que la vida en comunidad puede generar cambios en la



CAPITULO 8 RECOMENDACIONES

En este capítulo se dan recomendaciones para las falencias encontradas en la investigación a nivel urbanístico, arquitectónico y cultural. Estas soluciones tienen como objetivo disminuir la demanda energética, mejorar la calidad de vida de las personas, crear conciencia en la población y mejorar la planificación urbana a través de la morfología de la manzana que compone la ciudad y fomentar las ciudades sustentables que a nivel de ciudad o barrio sean energéticamente eficientes para satisfacer sus propias necesidades.

A partir de la morfología de la manzana, se realiza un estudio que abarca pequeños fragmentos de la ciudad en donde se pueden determinar modelos teóricos y empíricos del comportamiento de la temperatura, humedad, vientos y radiación solar (Cárdenas et al, 2015).

### 8.1 Recomendaciones para el reacondicionamiento de las viviendas existentes en Coyhaique

Al estudiar la problemática de la contaminación ambiental y cómo surge está en la ciudad de Coyhaique, se destaca el gran uso de leña para calefaccionarse, esto debido a la tradición que tiene esta ciudad del sur de Chile respecto a este uso. Es por esto, que se detectó que el problema surge por parte de las viviendas existentes, las cuales fueron construidas antes de la reglamentación térmica, ya que esta norma comienza a regir desde el año 2000 y muchas de sus deficiencias se deben a que

las viviendas construidas en años anteriores a esta fecha presentan una inexistente aislación térmica en muros, techumbres y pisos ventilados, por lo que generan una gran pérdida de calor que deben suplir a través del calor entregado por la combustión a leña. Debido a esto, es que la tesis se centra en el acondicionamiento de las viviendas preexistentes, ya que hoy día representa el mayor porcentaje de viviendas en Coyhaique como el resto del país (ver tabla 28) y se destaca como punto importante de abarcar.

Avance en la política Minvu	Porcentaje (%)	Demanda de energía (kWh/ m2año)
Viviendas sin aislación térmica antes 1976	40,70%	268
Viviendas sin aislación térmica antes 1977 -200	44,90%	
Viviendas con aislación térmica en techumbre (2001-2007)	12,8	159
Viviendas con aislación térmica en techumbre, muros y piso ventilado ( desde 2008)	1,6	111

Tabla 27 Porcentaje y demanda de viviendas dependiendo del año de construcción en Chile  
Fuente: Minvu - Ditec, 2015

Primero se debe entender que el acondicionamiento térmico son todas las intervenciones en la vivienda que mejoran el confort térmico, aumentan la eficiencia energética y contribuyen con el medio ambiente (CDT, 2015). Por eso es muy importante, evaluar el desempeño de las viviendas actualmente para posteriormente saber en qué están fallando y poder identificar el problema más fácilmente.

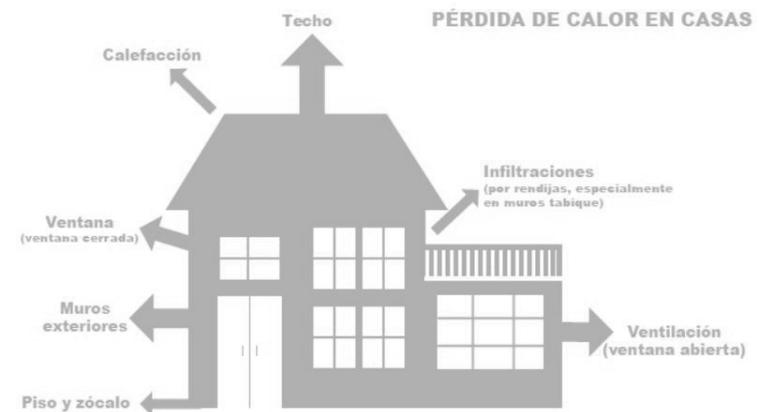


Imagen 112 Pérdida de calor en viviendas  
Fuente: CDT, 2015

Por otra parte, según estudios realizados por la Universidad de Chile bajo el Programa de Gestión y Economía Ambiental (UNTEC, 2014) en donde se evalúan la incorporación de variadas alternativas tecnológicas para calefacción residencial con Energías Renovables No Convencionales en ciudades de Chile, se determinó que muchas tecnologías no son viables en viviendas existentes, sino que incorporadas en viviendas nuevas, lo que impulsó a evaluar este nuevo mecanismo de calefacción solar no considerada en este estudio, ya que se ve un potencial para utilizar energía solar transformada en electricidad como un mecanismo para apalancar los costos destinados para la calefacción: según estudios de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética se considera que una vivienda en promedio tiene un consumo de 192 kWh/m2 año y según el Sistema de Calificación Energética

de Vivienda del MINVU, dentro de este valor se destina un porcentaje del 80% para calefacción, 19% en agua caliente sanitaria y un 1% en iluminación. Pero para el caso de estudio este consumo es aún mayor, siendo de gran importancia el estudio de nuevos sistemas de calefacción que sean más eficientes que los actuales y que ayuden a la descontaminación de Coyhaique.

Como fin mayor poner en discusión la integración dentro de la matriz energética nacional el uso de Energías Renovables No Convencionales.



Imagen 113 Implementación de calefacción solar en viviendas preexistentes Fuente: Elaboración propia, 2016

A partir de los resultados obtenidos y de la investigación realizada es que se quiere tratar algunos puntos importantes para en un futuro poder implementarlos dentro de la ciudad y las viviendas<sup>1</sup>.

Objetivo	Dimensión		
	Social	Económica	Arquitectónica
Descontaminar ambientalmente la ciudad de Coyhaique	Mejorar la calidad de vida de toda la ciudadanía Mayor esperanza de vida <sup>1</sup> Crear conciencia en los habitantes	Reducción del costo de los programas de descontaminación	Utilizar nuevas tecnologías de calefacción a través de energías limpias (Paneles solares)
Mejorar la calidad de vida de los habitantes	Mayor bienestar y salud	Reducción del costo destinado a salud	Mejorar la calidad del aire interior y exterior de las viviendas Prevenir la generación de humedad, condensación y moho Protección del viento y lluvia en espacios exteriores
Reducir la demanda de calefacción y pérdidas de calor	Mejorar la calidad de vida. Mayor bienestar y salud Mayor confort térmico	Reducción de costo de energía Reducción del costo de mantenimiento Aumento del valor del inmueble	Mejorar la aislación térmica de las viviendas (techumbre y muros) Tener ganancias solares con alta masa térmica en la envolvente. Integrar barrera de vapor Reducir las infiltraciones de aire Cambiar ventanas actuales por unas más eficientes ( termo paneles) Crear un doble acceso (chiflonera)

Tabla 28 Recomendaciones según objetivos Fuente: Elaboración propia, 2016

<sup>1</sup> Environment International: indicaron que la exposición de partículas en suspensión puede producir reducciones de hasta un año en nuestra esperanza de vida.

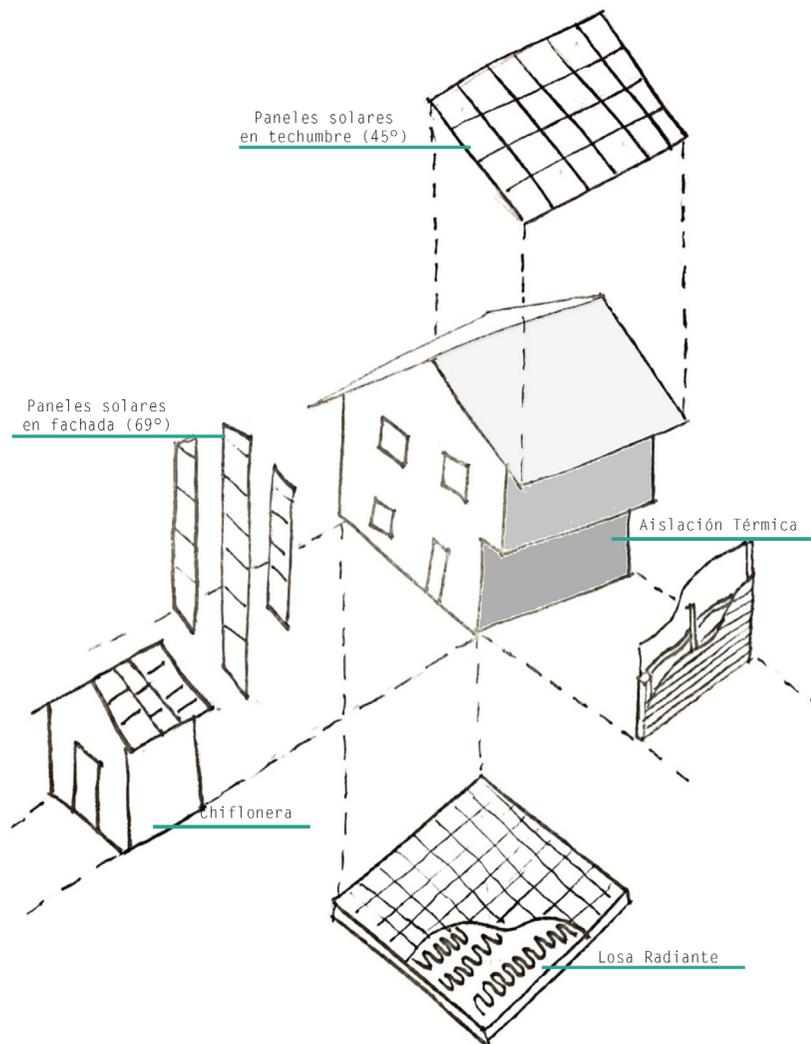


Imagen 114 Esquema de recomendaciones en viviendas según objetivos Fuente: Elaboración propia, 2016

Para el caso particular de la aislación térmica en muros y techumbre es necesario, según la normativa de reglamentación térmica para zona térmica 7:

Espesor aislante (mm)	
Muro	Techumbre
60	160

Tabla 29 Espesor de aislante térmico Fuente: Minvu, 2007

Dentro de los aislantes más usados están: poliestireno expandido, lana de vidrio y lana mineral, pero actualmente se está integrando en la región de Aysén un nuevo aislante, la lana de oveja que es un aislante natural y ecológico que posee características similares a los convencionales (CDT, 2015). Pero es importante indicar que estos son los valores mínimos que se pueden incorporar, por lo que si se el espesor es mayor se obtienen mejores resultados. Además de asegurar que la instalación este correctamente evitando los puentes térmicos. Es importante señalar, que se debe estudiar cada caso de vivienda a reacondicionar, ya que en este capítulo se dan recomendaciones generales.

Se debe considerar el siguiente orden para reacondicionar las viviendas existentes:

- Aislación de techumbre
- Aislación de muros
- Cambio de ventanas de vidrio simple a termopanel

En cuanto al sistema de Calificación Energética de Viviendas, las viviendas preexistentes en Coyhaique poseen una letra inferior al estándar, debido a su alta demanda de calefacción por lo que generando mejoras en el inmueble este podría alcanzar mejores resultados, pero es recomendable implementarlo en las futuras viviendas, ya que así el usuario sabría si su vivienda cumple o no con la normativa. Por lo que, no es recomendable utilizar aun en viviendas existentes, ya que muchas de ellas poseen una calificación baja, debido a la falta de aislación. Es por esto, que se recomienda en un posible estudio ver como varía el tipo de calificación en las viviendas preexistentes después de las mejoras realizadas, para ver cuánto es el porcentaje que varía implementando el reacondicionamiento y si es viable utilizar este sistema de calificación energética en viviendas existentes.

Actualmente, existe un subsidio para el reacondicionamiento térmico de las viviendas, pero está centrado en viviendas sociales o cuya tasación sea inferior a las 650 UF. Corresponde al Proyecto de Habitabilidad del Título II del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (MINVU, 2006). Lamentablemente, el sector en que se concentra el mayor problema en Coyhaique son viviendas de clase media que no logran entrar en este tipo de programas, pero que tampoco poseen el presupuesto para poder llevarlo a cabo. Por eso es importante incorporar nuevos programas en donde se integre este estrato social para que también pueda participar de ayudas del estado.

Para el caso de los paneles solares, hay que tener en consideración que al estar Coyhaique en una mayor latitud (45°S), la radiación solar disponible es relativamente mayor en las fachadas, debido a que el ángulo de incidencia solar durante el invierno, a medida que se asciende latitudinalmente es más baja la altura solar (Cárdenas et al, 2016). Es por esto, que se debe privilegiar los paneles solares en fachadas y posteriormente en techumbre. Y la cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie aumenta si esta también aumenta en altura, por lo que la construcción en altura en Coyhaique podría ayudar a tener mejores resultados en la captación de luz solar.

## 8.2 FACTIBILIDAD CULTURAL

Para poder desarrollar la factibilidad cultural de la inserción de nuevas tecnologías a partir de Energías Renovables No Convencionales es necesario: Realizar un manual de uso enfocado en los usuarios en donde se explique el funcionamiento de las nuevas tecnologías, pero por sobre todo que se genere un conocimiento en la comunidad del manejo de la utilización de energías limpias en las viviendas, para crear conciencia en la población de cómo cuidar nuestras ciudades y las de las futuras generaciones. Enfocándose principalmente en la educación de jóvenes y adultos, población mayoritaria en la ciudad de Coyhaique, para educarlos y lograr un cambio de pensamiento en ellos y hacerlos participe que las ciudades evolucionen a partir desde nosotros mismos.

Este manual tiene el objetivo de ser un material informativo que realce las buenas prácticas del uso de la vivienda y eduque respecto a la mantención de las nuevas tecnologías. Además, de entender que los usuarios son los principales actores, que a partir de sus hábitos pueden ayudar a disminuir la demanda energética. Pero también es necesario realizar una serie de actividades para promover e incentivar a la población sobre la utilización de Energías Renovables no Convencionales en sus viviendas y en la ciudad, a través de charlas explicativas, talleres comunitarios, soporte técnico de los profesionales, focus group con expertos, entre otras.

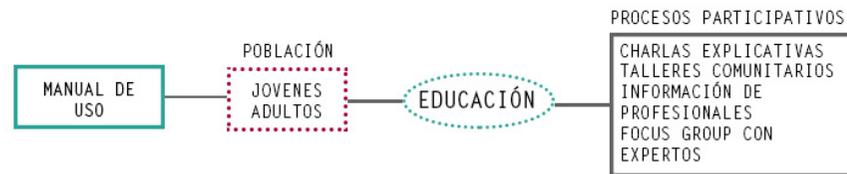


Imagen 115 Esquema manual de uso  
Fuente: Elaboración propia, 2016

### 8.3 Recomendaciones a nivel urbano: morfología de manzana

Como se mencionó anteriormente, según el estudio de Cárdenas et al (2016) sobre la luz solar en el desarrollo urbano, se afirma que a medida que aumenta la latitud es recomendado la construcción en altura, debido a que hay una mayor capacidad de la luz solar por parte de las

fachadas. Es por esto, se propone utilizar el potencial solar de las fachadas integrado a la construcción en altura específicamente mediana altura en la ciudad de Coyhaique de una forma controlada, para entender que las manzanas pueden ser energéticamente eficiente y pueden ayudar al desarrollo de una ciudad más sustentable. Entendiendo que si el conjunto funciona adecuadamente es mayor el beneficio que solo de una unidad.

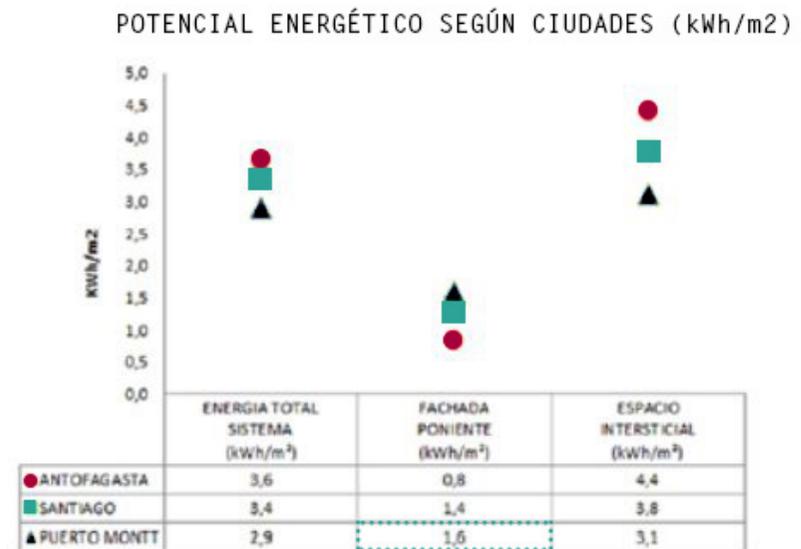


Imagen 116 Potencial energético según ciudades de Chile para equinoccio sobre fachada poniente Fuente: Cárdenas et al, 2015

Con esto no se quiere decir, que se integre la densidad urbana de una forma descontrolada y que vaya en desmedro de la pérdida de identidad de la ciudad, sino que tiene

como finalidad otorgarle otra imagen al centro de la ciudad, que se potencie de acuerdo a una morfología de manzana que sea eficiente con el entorno en que se encuentra. Demostrando que se puede generar una nueva planificación urbana integrando los propios beneficios del contexto local que entrega Coyhaique.

Para esto, se realizan simulaciones energéticas en ECOTECT en las manzanas en donde se ubican los casos de estudio, realizando variaciones en la altura de los distintos predios. Se considera para la orientación Norte colocar las viviendas de menor altura, ya que esta fachada recibe mayor captación de sol durante todo el día y para la orientación Sur colocar las viviendas de mayor altura, entendiendo que como esta fachada recibe menor cantidad de radiación solar a mayor altura se beneficia la fachada, debido a que hay una mayor superficie de captación. Además de utilizar las esquinas como puntos en donde se concentren predios de alturas medias.

Estas simulaciones energéticas tienen la finalidad de entregar una muestra de la radiación solar disponible en una escala urbana.

Las simulaciones se realizan para la ciudad de Coyhaique ( latitud 45°S 72°) para el mes de julio, sabiendo que este es el mes más desfavorable. Con la finalidad de ver si hay un real impacto en la captación solar en las fachadas aumentando la altura.

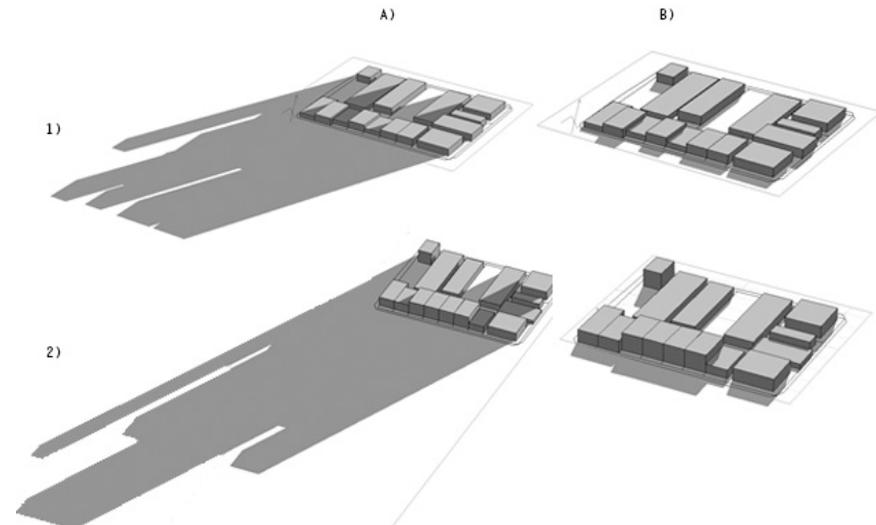


Imagen 117 Proyección de sombra para el día 21 de julio con alturas de 1 y 2 pisos (1) y alturas mayores a los 2 pisos (2) a) 9:00 hrs y b) 12:00 hrs  
Fuente: Ecotect, 2016

La sombra proyectada a las 9:00 hrs en las edificaciones en altura es mayor que las edificaciones en baja altura. Y sucede lo contrario a las 12:00 hrs, esto debido al perfil de sombra que proyecta un edificio.

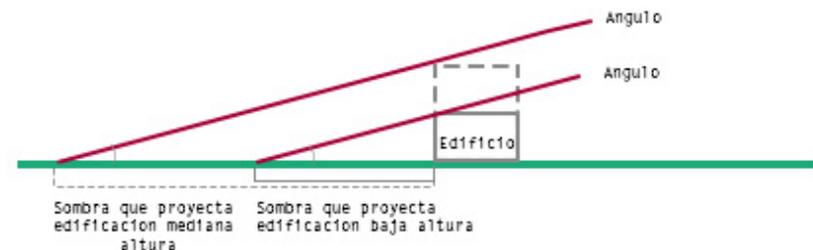
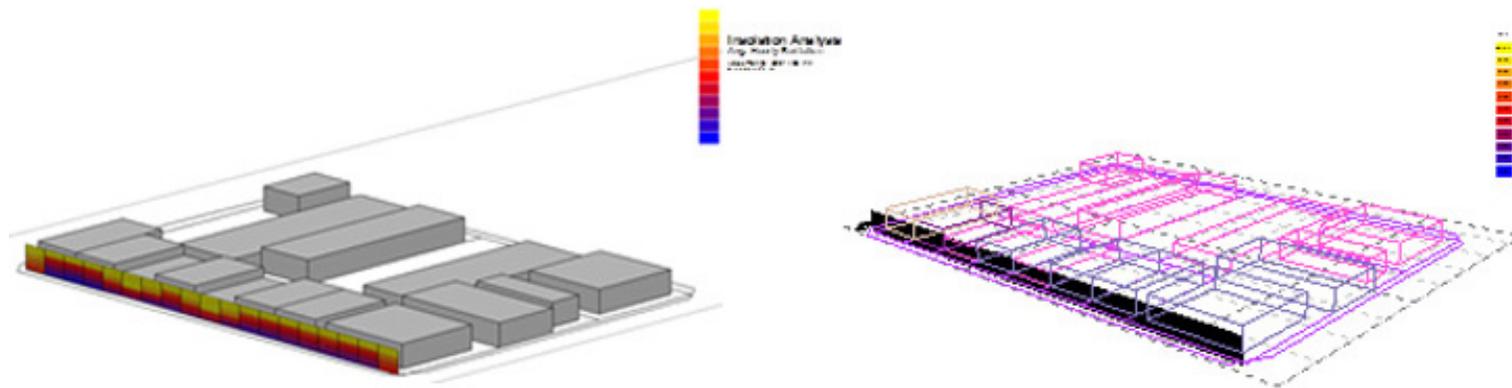


Imagen 118 Perfil de sombra de un edificio con baja y media altura Fuente: Elaboración propia, 2016

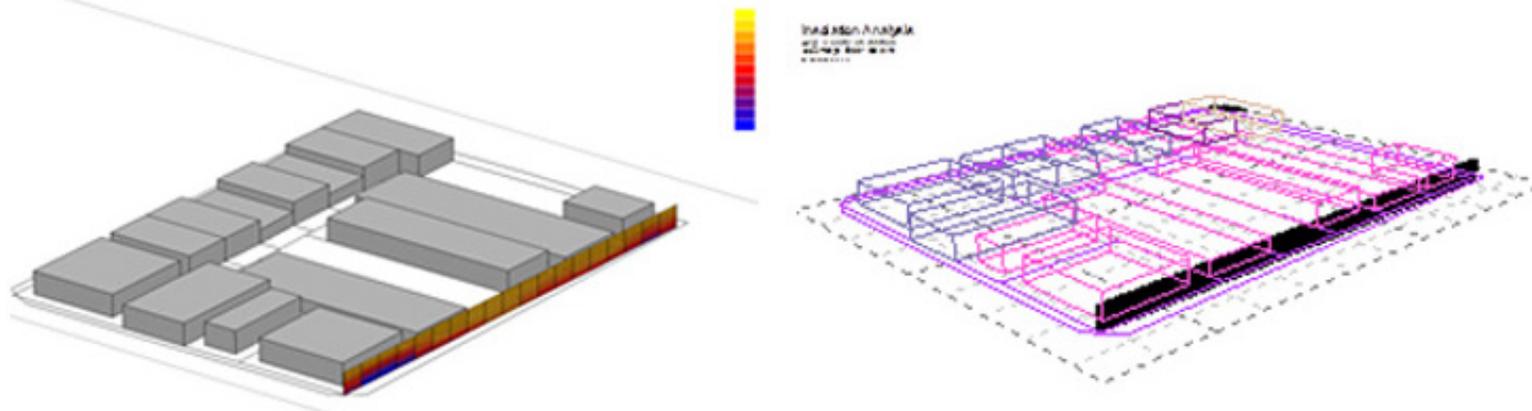
## Mes de julio - Edificación en baja altura

Para realizar las simulaciones en el programa ECOTECT, se ocupa la data climática de Punta Arenas (latitud 53°S 70.8°), ya que el recurso de las datas climáticas es reducido y no se posee los medios para obtener específicamente la de Coyhaique.

### Orientación Sur

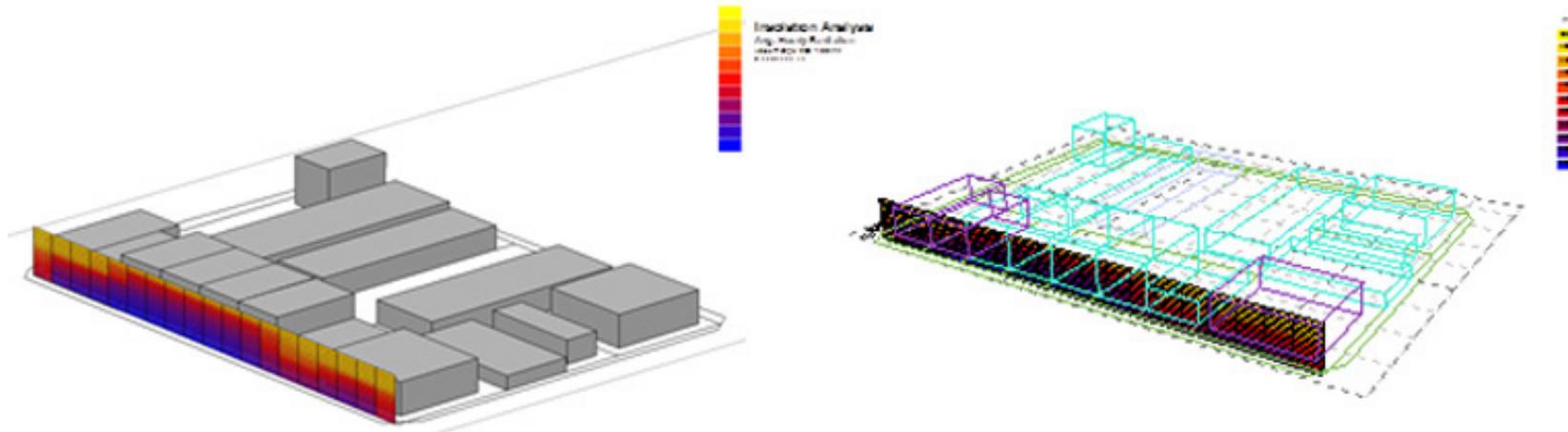


### Orientación Norte

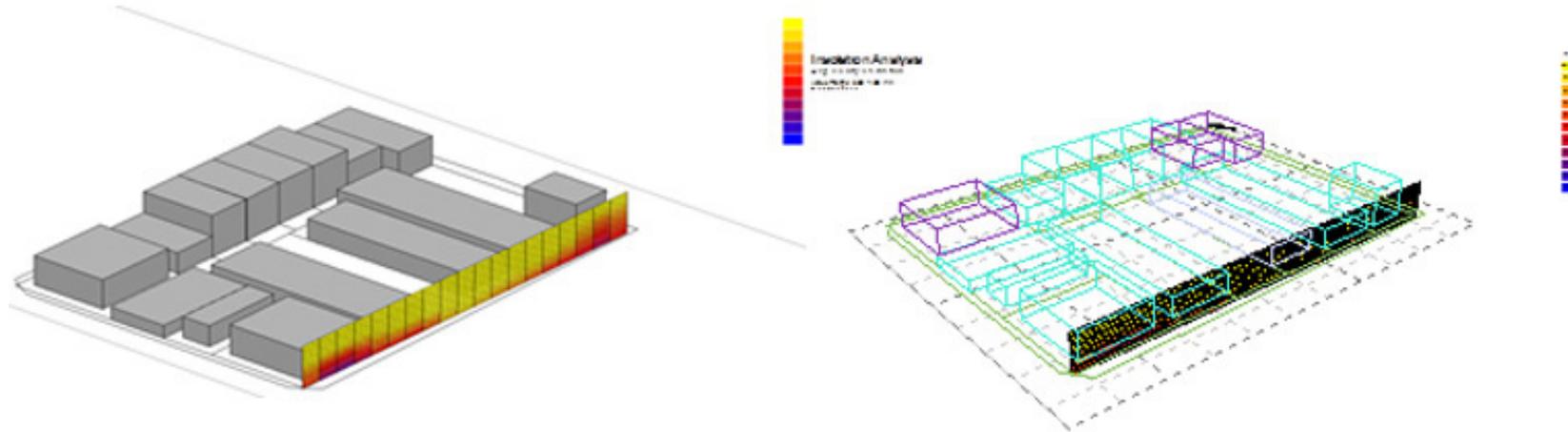


Mes de julio - Edificación en mediana altura

Orientación Sur



Orientación Norte



Cuando aumenta la altura es mayor la captación de luz solar por parte de las fachadas norte y sur. Esto sucede por un aumento en la superficie expuesta al sol.

Por otra parte, los resultados de estas simulaciones son solo una referencia respecto al fenómeno que ocurre, ya que todo programa puede tener grados de error. Además, como se mencionó anteriormente se utilizó la data climática de Punta Arenas, ciudad que posee la mitad de la radiación solar de Coyhaique (tabla 30), a pesar que esta puede disminuir debido a la contaminación que hay en la ciudad.

Ciudad	Punta Arenas	Coyhaique
Radiación Solar mes de Julio (Cal cm <sup>2</sup> día)	49	85

Tabla 30 Datos de radiación solar para el mes de julio  
Fuente: Meteorología Chile y Estaciones meteorológicas, 2016

“Evaluación mediante monitoreo y simulación del confort ambiental en viviendas de ingresos medios en área consolidada”



CAPITULO 9

BIBLIOGRAFÍA

## 9.1 LIBROS Y REVISTAS

Azócar García, G., Aguayo Arias, M., Henríquez Ruiz, C., Vega Montero, C., & Sanhueza Contreras, R. (2010). Patrones de crecimiento urbano en la Patagonia chilena: el caso de la ciudad de Coyhaique. *Revista De Geografía Norte Grande*, (46). <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-34022010000200005>

Arroyo, S. (2015). Principales Aspectos Regulatorios de la ley 20.571. Ministerio de Energía.

Castillo Levicoy, C. (2015). *Distribución geográfica de la arquitectura vernácula con tejuela artesanal*, Región de Aysén. Conserva, [online] 20, pp.7-21. Recuperado en: [http://www.cncr.cl/611/articles-57154\\_archivo\\_04.pdf](http://www.cncr.cl/611/articles-57154_archivo_04.pdf) [Accessed 19 Aug. 2016].

Cárdenas Jirón, L. & Higuera García, E. (2015). *El Barrio Solar*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Cárdenas Jirón, L., Vásquez Palau, J., Zamorano, J., & Acevedo, C. (2016). Explorando luz solar en modelos de desarrollo inmobiliario. Aplicaciones en cinco ciudades chilenas. *Revista De Urbanismo*, 0(34). <http://dx.doi.org/10.5354/0717-5051.2016.40394>

Cárdenas Jirón, L. & Vásquez Palau, J. (2015). Potencial solar en fachadas integrando la densidad urbana: Una mirada crítica a la norma urbanística chilena. AUS,

- (18), 58-63. <http://dx.doi.org/10.4206/aus.2015.n18-10>
- Celis, J., Morales, J., Zaror, C., & Carvacho, O. (2007). Contaminación del Aire Atmosférico por Material Particulado en una Ciudad Intermedia: El Caso de Chillán (Chile). *Información Tecnológica*, 18(3). <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07642007000300007>
- CITECUBB, 2012. *Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos Parte 1: Evaluación de Estrategias de Diseño Constructivo y de Estándares de Calidad Ambiental y Uso Eficiente de energía en Edificaciones Públicas, Mediante Monitorización de Edificios Construidos*. Santiago: Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas
- CDT (2010). *Manual técnico: Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso*. Santiago de Chile
- CDT (2015). *Acondicionamiento térmico de vivienda existente: Una guía para el dueño de casa*. Santiago de Chile
- CNE, PNUD & UTFSM. (2008). *Irradiancia Solar en territorios de la República de Chile*. Santiago de Chile.
- CNE &GTZ. (2012). *Las energías renovables no convencionales en el mercado eléctrico chileno* (1st ed.). Santiago de Chile.
- CNE &GTZ. (2014). *Energías renovables en Chile: El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé* (1st ed.). Santiago de Chile.
- CONAMA. (2008). *Construcción sostenible como inversión en salud: vivienda y entornos residenciales saludables*. Santiago de Chile: Fundación Entorno. Recuperado en: [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=ae734961-693f-41e1-a157-52bebb4a0f28&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=ae734961-693f-41e1-a157-52bebb4a0f28&groupId=7294824).
- Endesa eco. (2006). *Introducción a las Energías Renovables no Convencionales (ERNC)*. Santiago de Chile
- Fundación Chile. (2013). *Escenarios Energéticos Chile 2030: Visiones y temas claves para la matriz eléctrica*. Santiago de Chile
- FMAM. (2016) *Ciudades Sustentables*. Recuperado en: [https://www.thegef.org/sites/default/files/.../GEF\\_and\\_Cities\\_gatefoldES\\_0.pdf](https://www.thegef.org/sites/default/files/.../GEF_and_Cities_gatefoldES_0.pdf)
- Gobierno Regional de Aysén. (2012). *Casas Antiguas de Coyhaique*. Coyhaique: Cámara Chilena de la Construcción
- Gobierno Regional de Aysén. (2012). *Plan Regional de ordenamiento territorial. Sistema Urbano*. Coyhaique: División de Planificación y Desarrollo Regional
- Gómez, G., Bojorquez, G., & Ruiz, R. (2007). El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados. *Red De Revistas*

- Científicas De América Latina Y El Caribe, España Y Portugal*, (1). Recuperado en <http://revistasacademicas.uco.mx/index.php/palapa/article/download/43/41>
- Guevara, J. (2015). *Reacondicionamiento térmico de viviendas: Criterios de intervención social*. Universidad de Chile, Santiago de Chile
- Instituto Nacional de Estadísticas, (2016). *Informe Anual 2015: Medio Ambiente*. Santiago, pp.17 -141. Recuperado en [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/estadisticas\\_medio\\_ambiente/medio\\_ambiente.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_medio_ambiente/medio_ambiente.php) [Accessed 17 May 2016].
- Jahnke, E. (2014). *Evaluación Económica de Alternativas de Calefacción* (1st ed.). Santiago de Chile. Recuperado de <http://www.territorioverde.cl/energia/calefaccion.pdf>
- Jara Tirapegui, W. (2006). *Introducción a las Energías Renovables No Convencionales (ERNC)*. Santiago, Chile: ENDESA ECO.
- López, J. (2010). *La habitabilidad de la arquitectura: el caso de la vivienda* (1st ed., pp. 100 -107). Bogotá. Recuperado de [http://dearq.uniandes.edu.co/sites/default/files/articles/attachments/dearq06\\_08\\_-\\_Lopez\\_de\\_Asiain.pdf](http://dearq.uniandes.edu.co/sites/default/files/articles/attachments/dearq06_08_-_Lopez_de_Asiain.pdf).
- Malebrán, C. (2013). *Energías Renovables: Conceptos, aspectos prácticos y aplicaciones en establecimiento educacionales*. Santiago, Chile.
- Ministerio de Energía. (2015). *Energía 2050: Política energética de Chile*. Santiago, Chile
- Ministerio de Energía. (2016) *Compendio Cartográfico Regionalizado proyectos de Energía Renovables en Chile*. (1st ed.). Santiago. Recuperado de [http://www.minenergia.cl/archivos\\_bajar/2016/.../CompendioEnergiasRenovables2015.pdf](http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2016/.../CompendioEnergiasRenovables2015.pdf)
- Ministerio de Energía. (2016). Proyecto estudio de arquitectura bioclimática para Puerto Williams. Políticas Públicas UC.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2011). *Informe del estado del medio ambiente 2011*. Santiago, Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente (2012). *Informe Final para Enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (MP10)*. 1st ed. [ebook] Santiago: Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente. Recuperado en: [http://portal.mma.gob.cl/wp-content/.../INFORME-\\_GEC\\_Fin-2015\\_EFA\\_21-12-2015.pdf](http://portal.mma.gob.cl/wp-content/.../INFORME-_GEC_Fin-2015_EFA_21-12-2015.pdf) [Accessed 4 Jun. 2016]
- Ministerio del Medio Ambiente. (2014). *Planes de Descontaminación Atmosférica: Estrategias 2014 - 2018*. Santiago, Chile.

- Ministerio del Medio Ambiente. (2015). *Segundo Reporte del Estado del Medio Ambiente*. Santiago, Chile
- Ministerio del Medio Ambiente. (2016). *Guía de Calefacción sustentable 2016 Coyhaique*. Santiago de Chile
- MINVU (2006). *Manual de aplicación Reglamentación Térmica: O.G.U. C Artículo 4.1.10*. Ministerio de vivienda y Urbanismo. Santiago de Chile
- MINVU (2014). *Calificación Energética de Viviendas*. Ditec. Santiago de Chile
- MINVU (2015). *Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU): Ciudades Sustentables y calidad de Vida*. Santiago de Chile. Recuperado en [cndu.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/L4-Politica-Nacional-Urbana.pdf](http://cndu.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/L4-Politica-Nacional-Urbana.pdf)
- MINVU & DITUC. (2015). *Sistema de calificación energética de viviendas en Chile*. Santiago de Chile
- Molina, C. & Veas, L. (2012). Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno. *Revista de la Construcción*, 11(2), pp.27-38
- Mori Market Opinion Research Internacional, (2015). *Caracterización de Artefactos de Calefacción Residencial*. [online] Coyhaique, pp.2 -145. Disponible en: <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/03/INFORME-RESULTADOS-ESTUDIO-CALEFACCION-COYHAIQUE-2016.pdf> [Accessed 17 May 2016].
- Neila González, J. (2004). *Arquitectura bioclimática*. Madrid: Munillalería.
- Quintanilla, V. (2008). Estado de recuperación del bosque nativo en una cuenca nordpatagónica de Chile, perturbada por grandes fuegos acaecidos 50 años atrás (44°-45° S). *Revista de geografía Norte Grande*, [online] (39), pp.73-92. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022008000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022008000100006&script=sci_arttext) [Accessed 19 Aug. 2016].
- Román, E. (2013). *Acceso y desarrollo de la energía solar en Chile*. Universidad de Chile, Santiago de Chile
- Rodríguez, G. (2009). Contaminación atmosférica intradomiciliaria: Viviendo con el enemigo. *BIT*, 67, 56-59. Recuperado en <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/22033.pdf>
- PLADECO. (2014). *Plan de Desarrollo Comunal Coyhaique 2014 - 2018*. Coyhaique, Chile: Municipalidad de Coyhaique
- SAESA. (2016). *Energía eólica en Chile: la experiencia del grupo SAESA Isla Tac y Alto baguales*. Coyhaique
- Sandoval, H., Prendez, M., Ulriksen, P. & Belmar, R. (1993). *Contaminación atmosférica de Santiago*. Santiago: Universidad de Chile, Comisión de Descontaminación Metropolitana, Banco Santander

- Sarmiento, P. (2008). *Energía solar aplicaciones e ingeniería* (4th ed.). Valparaíso
- Sauma, E. (2012). *Políticas de fomento a las energías renovables no convencionales (ERNC) en Chile* (1st ed.). Santiago, Chile: Centro de Políticas Públicas UC.
- Torres, M., Muñoz, R., & Sarmiento, P. (2009). Energía Solar térmica en Chile: Historia y futuro. *Sustentabit*, 1, 12 -15. Recuperado de <http://www.sustentabit.cl/sustentabit/.../1613172729174991138712-15%20sustenta%201.pdf>
- UCH & USM. (2008). *Aporte potencial de energías renovables no convencionales y eficiencia energética a la matriz energética 2008-2025*. (1st ed.). Santiago. Recuperado en: [www.archivochile.com/Chile\\_actual/patag\\_sin.../chact\\_hidroy-3%2000027.pdf](http://www.archivochile.com/Chile_actual/patag_sin.../chact_hidroy-3%2000027.pdf)
- UNTEC. (2014). *Informe Final: alternativas tecnológicas para calefacción residencial con energías renovables no convencionales aplicables a la realidad chilena*. Santiago, Chile
- Blender, M. (2015). *El confort térmico*. Arquitectura y Energía. Recuperado de: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/> [Acceso 19 Aug. 2016].
- Castillo Fontannaz, C. (2001). *Estadística Climatológica Tomo III*. Santiago: Dirección Meteorológica de Chile. Disponible en: <http://www.meteochile.gob.cl/climatologia.php>
- Caquilpan, V. & Vergara, C. (2014). El Nuevo Sistema de generación eléctrica residencial en Chile: ¿ Net Billing o Net bullying?. El Desconcierto. Recuperado en <http://www.eldesconcierto.cl/2014/10/07/el-nuevo-sistema-de-generacion-electrica-residencial-en-chile-net-billing-o-net-bullying/>
- Castro, K. (2016). *Coyhaique registro el maximo nivel de contaminación atmoferica en Chile* veoverde. Disponible en: <https://www.veoverde.com/2015/06/coyhaique-registro-el-maximo-nivel-de-contaminacion-atmosferica-registrada-en-chile/> [Acesso 17 May 2016].
- Codoceo, F. (2015). Chile alcanza un 10% en el uso de ERNC. Recuperado en <https://www.veoverde.com/2015/01/chile-alcanza-peack-de-109-en-uso-de-energias-renovables-no-convencionales/>
- Chilequinta. (2014). Información sobre Net Billing, Ley 20.571. Recuperado en: <http://www.chilquinta.cl/mi-hogar/hogar/seccion/163/informacion-net-billing.html>
- Diego-Mas, J. (2015) Evaluación del confort térmico con el método de Fanger. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Disponible online: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>

- Dirección Meteorológica de Chile, (2001). *Climatología Regional*. Santiago: Departamento de Climatología y Meteorología. Disponible en: <http://www.meteochile.gob.cl/climatologia.php>
- Dirección Meteorológica de Chile, (2015). *Anuario Climatológico 2014*. Santiago: Dirección General de Aeronáutica civil. Disponible en: <http://www.meteochile.gob.cl/climatologia.php>.
- Energy Solutions (2016). Ley 20.571. Recuperado en <http://energysolutions.cl/ley-20-571-net-metering/>
- Esther, M. (2012). *Ecolomundo: Agotamiento de los Recursos Naturales*. Mimundotumundok.blogspot.cl. Disponible en: <http://mimundotumundok.blogspot.cl/2012/05/agotamiento-de-los-recursos-naturales.html> [Accessed 17 May 2016].
- Gruposaesa.cl. (2016). *Edelaysen*. Disponible en: <http://www.gruposaesa.cl/edelaysen> [Accessed 19 Aug. 2016]
- Grover, S. (2015). 10 cities aiming for 100 percent clean energy. Recuperado en: <http://www.mnn.com/earth-matters/energy/stories/10-cities-aiming-for-100-percent-clean-energy>
- Hernández, P. (2014). *Diagrama bioclimático Givoni*. Disponible en: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/> [Accessed 19 Aug. 2016].
- HSEF (2016). Hammarby Sjöstad: un ejemplo de barrio sostenible. <http://www.hammarbysjostad.se/>
- Icex.es. (2016). *Energías renovables no convencionales en Chile*. Disponible en: <http://www.icex.es/icex/es/Navegacion-zona-contacto/revista-el-exportador/mercados/REP2015387356.html> [Accessed 19 Aug. 2016].
- Inspiration. (2016). *Efectos de la Contaminación Atmosférica*. Disponible en: <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/efectos-de-la-contaminacion-atmosferica> [Accessed 19 Aug. 2016].
- Lara, M. (2015). *Cartas bioclimáticas (I): climograma de bienestar adaptado*. Disponible en: <https://ecosocialhouse.wordpress.com/2015/04/03/> [Accessed 19 Aug. 2016]
- Ltda., A. (2017). *Distribución Eléctrica | Edelaysen | Grupo Saesa*. Gruposaesa.cl. Retrieved 20 October 2016, from <http://www.gruposaesa.cl/edelaysen>
- Lecue, A. (2016). *Situación actual de la energía solar fotovoltaica en el mundo según el Plan de Energías Renovables PER 2011-2020*. Suelosolar.com. Disponible en: <http://www.suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=6209> [Accessed 17 May 2016].

Leyton, S. (2012). Net Metering en Chile: Ley 20.751. Central Energia. Recuperado en: <http://www.centralenergia.cl/2012/04/26/net-metering-en-chile-ley-20-571/>

Martínez, C. (2016). *Coyhaique irrespirable: la ciudad más contaminada de América según OMS*. Plataforma Urbana. Disponible en: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/05/12/coyhaique-irrespirable-la-ciudad-mas-contaminada-de-america-segun-oms/> [Accessed 17 May 2016].

Ministerio de Energía (2016). *Ministerio de Energía*. Disponible en: [http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/03\\_Energias/Otros\\_Niveles/renovables\\_noconvencionales/Tipos\\_Energia/biomasa.html](http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/03_Energias/Otros_Niveles/renovables_noconvencionales/Tipos_Energia/biomasa.html) [Accessed 17 May 2016].

SEC. (2016). Equipamientos autorizados para ser utilizados en instalaciones de generacion electrica residencial conforme a la ley 20.571.

Primaterm (2016) Piso radiante eléctrico. <http://primaterm.cl/productos/ecofilm/>

Power.sitios.ing.uc.cl. (2016). *Análisis del impacto de la ley de fomento a las ERNC en Chile - Hernán Ulloa & Hernaldo Saldías*. Disponible en: <http://power.sitios.ing.uc.cl/alumno08/renewables/ernc.html> [Accessed 19 ug. 2016].

Project, T. (2016). *Contaminación del aire de Coyhaique II, Chile: Índice PM2.5 de Calidad del Aire (ICA) en tiempo real*. Disponible en <http://aqicn.org/city/chile/coyhaique-ii/es/> [Accessed 17 May 2016].

# CAPITULO 10 ANEXOS

## ANEXO 1

Para la construcción de los graficos para el 21 de julio del subcapitulo de resultados se obtiene información de la estación meterologica de la Ciudad de Coyhaique obtenidas del Ministerio de Medio Ambiente y de las temperaturas obtenidas a traves del monitoreo.

TEMPERATURA		
150721	0	5,89999
150721	100	6,1
150721	200	6
150721	300	6,39999
150721	400	6
150721	500	5,6
150721	600	5,3
150721	700	4,89999
150721	800	4,89999
150721	900	5,7
150721	1000	6,3
150721	1100	8
150721	1200	9,59999
150721	1300	9,89999
150721	1400	9,59999
150721	1500	9,09999
150721	1600	7,6
150721	1700	6,39999
150721	1800	6
150721	1900	5,7
150721	2000	6,1
150721	2100	6,3
150721	2200	6
150721	2300	5,89999

HUMEDAD		
150721	0	74
150721	100	71
150721	200	71
150721	300	69
150721	400	75
150721	500	77
150721	600	80
150721	700	81
150721	800	80
150721	900	78
150721	1000	76
150721	1100	70
150721	1200	63
150721	1300	60
150721	1400	61
150721	1500	65
150721	1600	70
150721	1700	75
150721	1800	77
150721	1900	78
150721	2000	74
150721	2100	71
150721	2200	72
150721	2300	73

RADIACION SOLAR		
150721	0	0
150721	100	0
150721	200	0
150721	300	0
150721	400	0
150721	500	0
150721	600	0
150721	700	0
150721	800	8
150721	900	71
150721	1000	121
150721	1100	263
150721	1200	328
150721	1300	326
150721	1400	252
150721	1500	239
150721	1600	64
150721	1700	5
150721	1800	0
150721	1900	0
150721	2000	0
150721	2100	0
150721	2200	0
150721	2300	0

VELOCIDAD DEL VIENTO		
160721	0	2,5
160721	100	2,1
160721	200	1,7
160721	300	1,1
160721	400	1,2
160721	500	1,8
160721	600	1,7
160721	700	1,5
160721	800	1,4
160721	900	2,5
160721	1000	2,7
160721	1100	3,9
160721	1200	2,6
160721	1300	3,2
160721	1400	4
160721	1500	3
160721	1600	3,5
160721	1700	1,5
160721	1800	1,5
160721	1900	0,599999
160721	2000	0,9
160721	2100	1
160721	2200	0,5
160721	2300	0,7

VIVIENDA 1		
2016-07-21 00:12:05	13	67,3
2016-07-21 01:12:05	12,7	67,3
2016-07-21 02:12:05	12,5	66,8
2016-07-21 03:12:05	12	66,3
2016-07-21 04:12:05	11,5	66,6
2016-07-21 05:12:05	11	67
2016-07-21 06:12:05	10,5	67,3
2016-07-21 07:12:05	10	67,7
2016-07-21 08:12:05	9,4	68,4
2016-07-21 09:12:05	8,8	70,9
2016-07-21 10:12:05	8,9	70,5
2016-07-21 11:12:05	9,2	70,1
2016-07-21 12:12:05	9,2	70,1
2016-07-21 13:12:05	10,4	69,5
2016-07-21 14:12:05	12,3	66,3
2016-07-21 15:12:05	12,9	63,7
2016-07-21 16:12:05	12	64,1
2016-07-21 17:12:05	11,2	63,9
2016-07-21 18:12:05	10,6	64,7
2016-07-21 19:12:05	10,5	66,5
2016-07-21 20:12:05	11,6	67,1
2016-07-21 21:12:05	12,5	65,9
2016-07-21 22:12:05	12,3	63,6
2016-07-21 23:12:05	13,3	65,6

VIVIENDA 2		
2016-07-21 00:42:11	15,9	53,3
2016-07-21 01:42:21	15,3	52,7
2016-07-21 02:42:31	15	52,7
2016-07-21 03:42:41	14,7	52,6
2016-07-21 04:42:51	14,3	53,1
2016-07-21 05:43:01	13,8	54
2016-07-21 06:43:11	13,3	53,9
2016-07-21 07:43:21	13,8	54,9
2016-07-21 08:43:31	13,3	53,9
2016-07-21 09:43:41	13,3	53,9
2016-07-21 10:43:51	14	54
2016-07-21 11:44:01	14,7	53,1
2016-07-21 12:44:11	14,6	53,1
2016-07-21 13:44:21	16	53,3
2016-07-21 14:44:31	16,9	50,9
2016-07-21 15:44:41	16,7	49,9
2016-07-21 16:44:51	15,9	49,3
2016-07-21 17:45:01	14,8	49,1
2016-07-21 18:45:11	14,3	50,6
2016-07-21 19:45:21	14,6	50,6
2016-07-21 20:45:31	14,6	49,1
2016-07-21 21:45:41	14,7	47,6
2016-07-21 22:45:51	14,4	47,1
2016-07-21 23:46:01	15	49,2

## ANEXO 2

A Continuacion se muestran los resultados obtenidos en las encuestas realizadas y las observaciones encontradas.

I. Antecedentes generales								Respuest
1.	Edad							
a)	20 a 30 años							
b)	30 a 40 años							
c)	40 a 50 años							
d)	50 a 60 años							
e)	60 o más años							
2.	Sexo							
a)	Femenino							
b)	Masculino							
II. Antecedentes de uso								
1.	Año de construcción vivienda:							1994 -20
2.	En que horarios hay usuarios al interior de la vivienda							
a)	Mañana							
b)	Tarde							
c)	Noche							
d)	Durante el día							
3.	Rango de horas de utilización del sistema de calefacción							
a)	2 a 3 horas							
b)	3 a 4 horas							
c)	4 a 5 horas							
d)	5 a 6 horas							
e)	6 o más horas							

III. Percepción térmica									
1.	¿Cómo percibe la sensación térmica al interior de la vivienda en invierno?								
a)	Muy caluroso								
b)	Caluroso								9
c)	Ligeramente caluroso								13
d)	Neutro								6
e)	Ligeramente fresco								5
f)	Fresco								2
g)	Frio								3
2.	¿Cómo percibe la sensación térmica al interior de la vivienda en verano?								
h)	Muy caluroso								
i)	Caluroso								6
j)	Ligeramente caluroso								7
k)	Neutro								16
l)	Ligeramente fresco								4
m)	Fresco								5
n)	Frio								

IV. Consumo									
1.	¿Cuánto gasta para calefaccionar la vivienda?								
a)	\$20.000 a \$40.000								10
b)	\$40.000 a \$60.000								8
c)	\$60.000 a \$80.000								7
d)	\$80.000 a \$100.000								4
e)	Más de \$100.000								9
2.	¿Cuánto gasta en electricidad para la vivienda?								
f)	\$20.000 a \$40.000								22
g)	\$40.000 a \$60.000								9
h)	\$60.000 a \$80.000								5
i)	\$80.000 a \$100.000								1
j)	Más de \$100.000								1
3.	¿Cree que el costo en calefacción y electricidad son excesivamente altos en comparación con otras regiones?								
a)	Obtar por la leña como sistema de calefacción								3
b)	Si								31
c)	no tiene referencias de otras regiones								1
d)	no, son los mismos valores								1
e)	iguales los costos								2

V. Viabilidad Cultural										
1. ¿Qué le parece el sistema de calefacción actual y el grado de contaminación que provoca este al medio?										
a) No es el mas adecuado, pero debería haber un subsidio estatal										9
b) un buen sistema										7
c) no es bueno por la excesiva contaminacion										7
d) es un buen sistema, debido al calor entregado pero las personas no compran leña seca										6
e) buen sistema que se debe usar con precaucion										4
f) un sistema que funcione bien igual que la leña										4
2. ¿Ud. estaría dispuesto a cambiar su sistema de calefacción actual por otro sistema más eficiente (ERNC) por el mismo valor?										
a) Si										28
b) No										10

#### Observaciones

1. El rango etario entrevistado es diverso siendo un porcentaje mayor el grupo de 20 a 30 años que según el Censo 2002 es la más alta población en la ciudad, por lo que representa una opinión heterogénea de la comunidad de Coyhaique.

2. La mayor cantidad de entrevistados consultados pertenece al género femenino, pero el porcentaje de hombres es igualmente representativo

3. El horario en que se encuentran usuarios al interior de la vivienda es mayoritariamente durante el día seguido por la noche que corresponde a un porcentaje de usuarios que trabaja durante el día

4. El rango de horario en que se utiliza la calefacción es de más de 6 horas, posteriormente hay un grupo de usuarios que mantienen encendida la calefacción entre 5

a 6 horas durante el día.

5. En cuanto a la percepción de la sensación térmica en invierno la mayoría de las personas entrevistadas señala que lo percibe como ligeramente caluroso con un 34 % y caluroso con un 24 %

6. Para la temporada de verano la población perciben como neutra (42 %) la sensación térmica

7. en relación al gasto en calefacción, se aprecia que la población no tiene una claridad de cuánto gasta al mes para calefaccionarse, pero se puede distinguir que estos gastos pueden variar de \$ 20 mil a \$ 40 mil pesos ( 26%) a considerar que se gasta más de \$100 mil pesos (24%)

8. En cambio, cuando se les pregunta cuanto gastan en electricidad este monto está mucho más claro que el anterior, es por esto que la población señala que su

rango de gasto en este aspecto va desde \$ 20 a \$40 mil pesos (58%).

9. Alrededor del 80% de la población entrevistada declara que los gastos en servicios en esta ciudad son muy elevados en comparación con otras regiones y que este aumenta aún más con el gasto que se le debe sumar en calefacción respecto de otras regiones que presentan climas más favorables.

10. En cuanto a cómo le parece el sistema actual de calefacción a leña, hay varias opiniones de parte de la población en donde la más señalada es que el sistema de calefacción debe ser ayudada y mejorada con un subsidio estatal como se ha hecho en otros países y ciudades, posteriormente hay un grupo representado por el grupo etario más adulto consultado que declaran que el sistema es bueno y funciona bien debido al calor que entrega. Y finalmente otro grupo que dice que no es bueno, ya que genera demasiada contaminación por lo que se deben buscar nuevos mecanismos.

11. Finalmente cuando se pregunta si estarían dispuestos a cambiar su sistema de calefacción actual, el 74 % de la población entrevistada está dispuesto a este cambio, siendo del porcentaje que no está dispuesto mayoritariamente adultos mayores. Lo cual tiene que ver por temas de tradiciones que se han realizado por mucho tiempo.





