

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**



**Evaluación Técnica y Económica del uso de Energías
Renovables No Convencionales para el abastecimiento
energético domiciliario en un sector rural.**

PAULINA SOLEDAD QUITRAL DÍAZ

Informe de Proyecto de Título para optar al
Título de Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía: Jorge Galleguillos Pizarro

Profesor Informante: Dr. Cristian Oliva San Martín

CONCEPCIÓN, Enero 2017

Resumen

El objetivo principal de este trabajo de título es determinar qué tipos de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) pueden ser implementados en una casa común de la comuna de Romeral, ubicado en la VII Región del Maule. Considerando que es una comuna rural y que presenta problemas energéticos recurrentes a lo largo del año.

En esta evaluación, se hizo un catastro en terreno del consumo promedio que tienen las personas en su casa, con respecto al uso de electricidad, agua caliente y calefacción que ocupan diariamente, utilizando las fuentes energéticas tradicionales (leña, gas licuado, red eléctrica principalmente). Para ello, se realizó un muestreo de la población de Romeral para obtener un consumo promedio energético que no diste mucho de lo que ocurre en la realidad.

Seguido de esto, se hizo un análisis técnico y económico de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) aptas para el uso en el sector residencial. Para el suministro de Energía eléctrica, se evalúa el uso de Energía Solar Fotovoltaica y de Energía Eólica; para obtener agua caliente se estudia el uso y funcionamiento de un sistema de Energía Solar Térmica y; para la calefacción del hogar se analiza el uso de Energía proveniente de la biomasa.

Además, este proyecto se ve impulsado por la Ley 20.571 de Distribución Generada, la cual está dirigida al sector residencial, para aquellos usuarios que quieran autogenerar energía eléctrica mediante las ERNC y los excedentes producidos son inyectados a la red.

La metodología consiste en primer lugar, en recopilar información directa en las casas de un sector de la comuna de Romeral, acerca del consumo de electricidad, de agua caliente y de calefacción que producen actualmente usando fuentes energéticas convencionales. Una vez obtenido el consumo promedio para los tres tipos de casos que fueron evaluados (electricidad, agua caliente y calefacción), se seleccionaron los tipos de ERNC acordes con las características ambientales del lugar, se realizó un estudio técnico de cada tipo de energía, para ver a grandes rasgos el funcionamiento de cada una dentro del sector residencial.

Con el fin, de obtener qué tipos de ERNC son apropiados para implementar dentro de una casa se realiza un estudio económico, para determinar si existe un ahorro económico en el uso de energías limpias, y así ayudar a dar término a la dependencia energética que existe en el mercado energético nacional.

Abstract

The main objective of this work is to determine what types of Non-Conventional Renewable Energy (NCRE), can be implemented in a standard house Romeral commune, located in the VII Region del Maule. Whereas it's a rural commune and having recurring energy problems throughout the year.

In this evaluation, it took a survey in the field of average consumption that people have in their house, regarding the use of electricity, hot water and heating maintained daily, using traditional energy sources (wood, liquefied gas, electricity grid mainly). For this, a sample of the population of Romeral was performed to obtain an average energy consumption not give much of what happens in reality.

Following this, there was a technical and economic analysis of Non-Conventional Renewable Energy suitable for use in the residential sector. For the electricity supply, the use of Photovoltaic Solar Energy and Wind Energy is evaluated; hot water for the use and operation of a system of solar thermal energy is studied; for home heating energy use from biomass is analyzed.

In addition, this project is driven by Law 20,571 of Generation Distribution, which is directed to the residential sector, for those users who want to self-generate electricity through NCREs and surpluses produced can be injected into the network.

The methodology was first to gather direct information on the homes of a sector of the municipality of Romeral, about consumption of electricity, hot water and heating systems that maintain currently using conventional energy sources. Once the average consumption for the three types of cases that were evaluated (electricity, hot water and heating) was obtained NCRE rates consistent with the environmental, technical and operational within the residential sector were selected. In order, to obtain what types of NCRE are appropriate to implement inside a house so that there is a cost savings in their use, reduction of pollutants and to end the energy dependence of the domestic energy market.

AGRADECIMIENTOS

Este, es uno de los pasos más grandes de mi vida, que he podido dar, gracias al apoyo incondicional de mi familia. Ellos me inculcaron que los estudios debían ser mi prioridad, y tenían razón. Estaré infinitamente agradecida por todos los esfuerzos que han hecho para que haya llegado hasta esta instancia.

Gracias a mis tíos y primas en Concepción, ya que sin ellos, este camino no podría haber sido realizado, fueron un gran apoyo en todo sentido y les estaré infinitamente agradecida.

Agradezco a mi profesor guía, el Sr. Jorge Galleguillos y a todos los profesores de la Universidad que han sido parte del desarrollo de esta tesis, pues valoro el tiempo que han dedicado en transmitir sus conocimientos y experiencia a nuevas generaciones.

Mis agradecimientos a mis amigos, quienes han sido parte de todos los años como estudiante y que siempre estuvieron preocupados por el desarrollo de esta tesis.

INDICE DE CONTENIDOS

Resumen	ii
Abstract	iii
CAPÍTULO 1. DESCRIPCION DEL PROYECTO	14
1.1 Introducción.....	14
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo General.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 Justificación de la propuesta.....	17
1.4 Delimitación del proyecto.....	18
1.5 Definición del proyecto.....	20
1.6 Metodología Aplicada.....	22
1.6.1 Objetivo específico 1.....	22
1.6.2 Objetivo específico 2.....	24
1.6.3 Objetivo específico 3.....	26
1.6.4 Objetivo específico 4.....	28
CAPITULO 2. SITUACION DE LA ENERGIA EN CHILE	30
2.1 Energías Renovables Convencionales y No Convencionales.....	30
2.2 Energías Renovables No Convencionales (ERNC).....	30
2.2.1 Tipos de ERNC.....	31
2.2.2 ERNC en Chile.....	36
2.3 ERNC en las viviendas.....	37
2.4 Ley 20.571 (Net Billing).....	38

CAPITULO 3. ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	39
3.1 Alcance del estudio	40
3.2. Análisis energético en los domicilios de Romeral.....	41
3.3 Energías y combustibles utilizados	41
3.4 Consumo teórico energético.....	42
3.4.1 Consumo teórico eléctrico en el sector residencial.....	42
3.4.2 Consumo teórico de agua caliente	46
3.4.3 Consumo de calefacción teórico.....	47
3.5 Funcionamiento de la Ley 20.571 (Net Billing)	50
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE MERCADO	52
4.1 Análisis de la demanda	52
4.1.1 Caracterización de los demandantes	52
4.1.2 Consumo real energético promedio	53
4.1.2.1 Consumo eléctrico Real en los hogares de Romeral.....	53
4.1.2.2 Consumo promedio real de Agua Caliente Sanitaria en Romeral	54
4.1.2.3 Consumo promedio real de Calefacción en Romeral	55
4.1.3 Características medioambientales de Romeral.....	58
4.1.4 Factores medioambientales de Romeral	59
4.2 Análisis de la oferta.....	62
4.2.1 Caracterización de los oferentes.....	63
4.2.2 Proveedores de fuentes energéticas en Romeral.....	64
4.3 Análisis de los precios	65
4.3.1 Precios de electricidad en el mercado	65
4.3.2 Precios de Agua (caliente) en el mercado.....	69
4.3.3 Precios de combustibles para calefacción en el mercado	70

CAPITULO 5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	71
5.1 Selección de alternativas de sistemas energéticos.....	71
5.2 Definición de Variables	72
5.3 Definición de alternativas	74
5.3.1 Alternativa 1: Sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad.....	74
5.3.2 Alternativa 2: Sistema Eólico para generación de electricidad.....	75
5.3.3 Alternativa 3: Sistema solar térmico para calentar Agua sanitaria.....	76
5.3.4 Alternativa 4: Sistema de biomasa para calefacción.	77
CAPITULO 6. ESTUDIO TECNICO	79
6.1 Aspectos Técnicos de un Sistema Solar Fotovoltaico	79
6.1.1 Componentes de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico	80
6.1.2 Tamaño del Sistema de Energía Solar Fotovoltaico.....	80
6.1.3 Funcionamiento de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico	82
6.2 Aspectos Técnicos de un Sistema Energía Solar Térmico	85
6.2.1 Componentes de un Sistema Solar Térmico	86
6.3 Aspectos Técnicos de un Sistema de Energía Eólica.....	91
6.3.1 Funcionamiento de un Sistema de Energía Eólica en sector residencial.....	91
6.3.2 Componentes de un Sistema de Energía Eólica.....	92
6.3.3 Tamaño de un Sistema de Energía Eólica	93
6.4 Aspectos Técnicos de un Sistema de Biomasa.....	94
6.4.1 Funcionamiento de un Sistema de Energía de Biomasa para Calefacción	95
6.4.2 Componentes de un Sistema de Energía de Biomasa.....	96
6.4.3 Tamaño de un Sistema de Energía de Biomasa para Romeral	97

CAPITULO 7. ESTUDIO DE COSTOS	98
7.1 Costos para Sistema Solar Fotovoltaico para generar electricidad	98
Caso 1: Costos Sistema Fotovoltaico On Grid	99
7.1.1 Costos de Inversión Sistema On Grid	99
7.1.2 Costos Operacionales Sistema On Grid.....	102
Caso 2: Costos Sistema Fotovoltaico Off Grid.....	103
7.1.3 Costos de Inversión para Sistema Off Grid	103
7.1.4 Costos Operacionales Sistema Off Grid	105
7.2 Costos para Sistema Eólico para Generación de Electricidad	106
7.2.1 Costos de Inversión de Sistema de Energía Eólico.....	106
7.2.2 Costos Operacionales Sistema Eólico	108
7.3 Costos para Sistema Solar Térmico para generar Agua Caliente Sanitaria.....	109
7.3.1 Costos de Inversión de Sistema de Energía Solar Térmica	109
7.3.2 Costos Operacionales para Sistema de Energía Solar Térmica	110
7.4 Costos para Sistema de Energía de Biomasa para calefacción	110
7.4.1 Costos de Inversión para Sistema de Energía de Biomasa	111
7.4.2 Costos Operacionales para Sistema de Energía de Biomasa	111
CAPITULO 8. EVALUACIÓN ECONÓMICA	112
8.1 Parámetros de evaluación	112
8.1.1 Periodo de estudio	112
8.1.2 Moneda de Evaluación.....	112
8.1.2 Tasa de descuento	112
8.2 Egresos	113
8.3 Beneficio Económico.....	113
8.3.1 Beneficio Económico para Sistema de Energía Solar Fotovoltaico On Grid	114
8.3.2 Beneficio Económico para Sistema de Energía Solar Fotovoltaico Off Grid	114
8.3.3 Beneficio Económico para Sistema de Energía Solar Térmico	115
8.3.4 Beneficio Económico para Sistema de Biomasa	116
8.4 Cuadro Flujo de Caja	117
8.4.1 Energía Solar Fotovoltaica On Grid para uso de electricidad [\$]	117
8.4.2 Energía Eólica para uso de electricidad (\$)	118

8.4.3 Energía Solar Térmica para generar Agua Caliente	119
8.4.4 Energía de la Biomasa para obtener Calefacción.....	120
8.4.5 Energía Sola Fotovoltaica Off Grid para generación de electricidad	121
8.3 Indicadores de Rentabilidad	122
8.3.1 VAN y TIR para Sistema de Energía Solar Fotovoltaica On Grid	122
8.3.2 VAN y TIR para Sistema de Energía Solar Fotovoltaica Off Grid	122
8.3.3 VAN y TIR para Sistema de Energía Eólica	123
8.3.4 VAN y TIR para Sistema de Energía Solar Térmica.....	123
8.3.5 VAN y TIR para Sistema de Energía de Biomasa	124
CAPITULO 9. ANALISIS DE SENSIBILIDAD	124
9.1 Análisis de Sensibilidad para Sistema de Energía Solar Fotovoltaica	124
9.2 Análisis de Sensibilidad para Sistema de Energía Eólica.....	126
9.3 Análisis de Sensibilidad para Sistema de Energía Solar Térmica	127
9.4 Análisis de Sensibilidad para Sistema de Energía de Biomasa.....	127
CAPITULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	128
ANEXOS	134
Anexo 1	134
Energía Solar Fotovoltaica para generar electricidad.....	134
Anexo 2	145
Energía Eólica para generar electricidad	145
Anexo 3	153
Energía Solar Térmica para generar Agua Caliente	153
Anexo 4	162
Energía de la Biomasa para Calefacción en una casa	162
Anexo 5	168
Aspectos Legales y Cotizaciones	168

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo del consumo eléctrico teórico en las casas de Romeral (2015)	43
Tabla 2. Consumo teórico de los aparatos eléctricos según uso por semana	45
Tabla 3. Consumo teórico de agua caliente.....	47
Tabla 4. Poder calorífico inferior de los energéticos	48
Tabla 5. Consumo anual de combustible para calefacción en viviendas	48
Tabla 6. Consumo eléctrico Real de las familias de Romeral.....	53
Tabla 7. Rendimiento para sistemas de calefacción en el sector residencial.....	57
Tabla 8. Información comunal y zona climática.....	59
Tabla 9. Factores medioambientales media diaria mensual y anual.....	60
Tabla 10. Velocidad del viento (m/s) media diaria mensual y anual para Romeral	61
Tabla 11. Tarifas de Suministro Eléctrico, CGE DISTRIBUCION S.A, SIC4- Sector 1.....	68
Tabla 12. Precio aproximado de Agua Caliente en Romeral.....	69
Tabla 13. Precios de gas licuado en la comuna de Romeral	70
Tabla 14. Características de los Pellets según tipo	78
Tabla 15. Costos unitarios de equipos para Sistema Solar Fotovoltaico On-Grid.	99
Tabla 16. Costos de equipos para un Sistema Solar Fotovoltaico On grid	100
Tabla 17. Inversión total para un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica On Grid	101
Tabla 18. Costos Operacionales de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica On Grid	102
Tabla 19. Costo de inversiones de componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico Off Grid.....	103
Tabla 20. Costo Total en equipo para un sistema solar fotovoltaico Off grid	104
Tabla 21. Inversión Total Sistema de Energía Solar Fotovoltaico Off Grid	105
Tabla 22. Costos de inversión para un sistema eólico	106
Tabla 23. Inversión total para Sistema de Energía Eólica para generar electricidad.....	107
Tabla 24. Costos Operacionales Sistema de Energía Eólico.....	108
Tabla 25. Costos de Equipos para un Sistema Térmico para generar ACS.....	109
Tabla 26. Costos de inversión para Sistema de Calefacción por Biomasa	111
Tabla 27. Costos Operacionales para Sistema de Calefacción por Biomasa.....	111
Tabla 28. Beneficio Económico para Sistema Fotovoltaico On Grid.....	114
Tabla 29. Beneficio Económico para Sistema Fotovoltaico Off Grid	115
Tabla 30. Beneficio Económico para Sistema de Energía Solar Térmico	115
Tabla 31. Beneficio Económico para Sistema de Biomasa.....	116
Tabla 32. Análisis de sensibilidad para indicador VAN	125
Tabla 33. Análisis de sensibilidad para indicador VAN y TIR.....	125
Tabla 34. Análisis de sensibilidad de los precios.....	126
Tabla 35. Análisis de los costos	126
Tabla 36. Análisis de sensibilidad de los precios.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 37. Análisis de sensibilidad de los costos	127

Tabla 38. Análisis de sensibilidad de los precios.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 39. Análisis de sensibilidad de los costos	127
Tabla 40. Radiación Solar Global promedio horizontal (kWh/m ² /día) en Romeral.....	136
Tabla 41. Límites aceptables por pérdidas de inclinación, orientación y sombra.	137
Tabla 42. Radiación solar global horizontal e inclinada (kWh/m ² /día) de Romeral	138
Tabla 43. Horas solares diarias (h) para cada mes.....	139
Tabla 44. Cotización componentes para un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica para generar electricidad.....	143
Tabla 45. Velocidad del viento [m/s] para cada mes en Romeral	147
Tabla 46. Densidad del Aire Seco para distintas temperaturas	151
Tabla 47. Temperatura de Agua de Red Media Mensual y Media Anual [°C]	156
Tabla 48. Cotización de componentes para un sistema solar térmico para generar ACS	161

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características y proveedores de cada mercado de energía en la comuna de Romeral .	63
Cuadro 2. Tipos de tarifas de baja tensión	67
Cuadro 3. Descripción de las Variables para evaluar las alternativas de ERNC.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comuna de Romeral, Provincia de Curicó, Región del Maule, Chile.....	20
Figura 2. Paneles Solares Fotovoltaicos y Colectores Solares Térmicos	31
Figura 3. Central Mini Hidráulica y Central Micro Hidráulica	32
Figura 4. Sistema Eólico Off-Shore y Sistema Eólico On-Shore.....	33
Figura 5. Sistema de energía Geotérmica	34
Figura 6. Sistemas de la Bioenergía de tipo Termoquímica y Bioquímica	35
Figura 7. Distribución de la generación de energía eléctrica con tecnologías que usan fuentes renovables,	36
Figura 8. Funcionamiento Conceptual de la Ley 20.571	38
Figura 9. Proyección de Consumo energético en el sector Residencial en Chile.....	39
Figura 10. Funcionamiento de la Ley 20.571	50
Figura 11. Comuna de Romeral.....	52
Figura 12. Proveedores de energía dentro de la comuna de Romeral	62
Figura 13. Tipos de sistemas de energía solar fotovoltaica para generar electricidad.....	83
Figura 14. Sistema de funcionamiento esquemático de una instalación solar térmica.	90
Figura 15. Proceso de obtención de ACS mediante un colector solar con termosifón (acumulador)	90
Figura 16. Sistema de Energía eólica conectado a la red.....	91
Figura 17. Pérdidas por orientación e inclinación para Romeral (Lat.=36°S).	137
Figura 18. Diagrama de conexión de los paneles solares fotovoltaicos	141
Figura 19. Estimación del promedio mensual de la velocidad del viento [m/s]	148
Figura 20. Velocidad del viento según la hora del día y el mes del año a 95 m de altura (m/s)	149
Figura 21. Colector solar Heat Pipe con acumulador incorporado de 150 L.	161

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje del consumo eléctrico por artefacto al día.	44
Gráfico 2. Consumo teórico eléctrico mensual (kWh/mes) según mes del año.....	46
Gráfico 3. Consumo de Agua potable y Agua caliente en una casa para cada mes	55
Gráfico 4. Distribución del consumo de gas en una casa común	56
Gráfico 5. Distribución de la participación de fuentes energéticas en Romeral	64
Gráfico 6. Generación fotovoltaica y consumo de la red.....	84

CAPÍTULO 1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

1.1 Introducción

En Chile existe un alza en la dependencia energética que lo obliga a incrementar las importaciones de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), superando el 60% de energía primaria importada. Los últimos años han sido claves para el desarrollo energético del país, puesto que se está impulsando el uso de Energías limpias que ayuden a la descontaminación ambiental y de salud a los habitantes. Se pretende generar un 11% de ERNC al 2020. (Castillo & Maldonado, 2004).

No obstante, existen estudios que revelan que el agotamiento de las fuentes tradicionales de energía¹ va en ascenso, tal como lo manifiesta la Agencia Internacional de Energía (AIE), lo que facilitaría el uso de ERNC. Sin embargo, uno de los obstáculos es el elevado costo de generación de Energías Renovables, en comparación con las fuentes tradicionales.

En consecuencia, el costo monetario que tengan las energías convencionales a diferencia de las no convencionales no varía mucho, por esto se necesita de la disposición social a pagar un poco más para disponer de energías limpias y así, reducir la vulnerabilidad del sistema energético contaminante y de la dependencia energética.

El propósito de este proyecto es evaluar, caracterizar, calcular y analizar, en términos técnicos y económicos, el potencial que presenta una casa estándar de la comuna de Romeral, para utilizar Energías Renovables No Convencionales (ERNC) para generar energía; y con estos tipos de energías que emergen en nuestro país; ver si es posible el autoabastecimiento de energía domiciliario.

¹ Algunas fuentes tradicionales de energía como el petróleo, el carbón y el gas natural

Para alcanzar dicho objetivo, y concretar este estudio, se emplea una metodología que contempla, en primera instancia, la caracterización de la comuna de Romeral y el consumo actual de energía que posee. Sabiendo que dentro de un domicilio común se requiere del uso de electricidad, iluminación, calefacción y agua caliente, los cuales se generan utilizando distintas fuentes tradicionales de energías, tales como: la leña, el gas natural, el petróleo, y la red eléctrica, entre otras; en donde muchas de estas son consideradas altamente contaminantes al medioambiente. Para ello, se requiere evaluar el reemplazo de estas por energías que contribuyan al mejoramiento del medioambiente dentro del lugar en estudio.

Será desarrollado el estudio técnico de las alternativas, en el cual es necesario dar a conocer el tipo de tecnologías apropiadas para utilizar una ERNC, y así, seleccionar la energía que cumpla a cabalidad con las necesidades energéticas del sector evaluado. Por otra parte, los recursos disponibles en el lugar, pueden tener un uso pertinente para la generación de energía dentro del domicilio, y así independizarse del consumo energético que requieren de la red actual de energía, en el caso de la generación de electricidad.

Por último, se deben definir los indicadores económicos que determinarán la factibilidad económica de esta evaluación y ayudarán a percibir si existe ahorro energético al utilizar energías limpias dentro de la comuna.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar qué tipos de sistemas de Energías Renovables No Convencionales pueden ser implementados dentro de una casa común de Romeral para generar electricidad, agua caliente y calefacción.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1.- Determinar la potencia generada por el consumo energético que tienen actualmente las personas de un conjunto representativo de la comuna de Romeral.
- 2.- Definir los tipos de Energías Renovables No Convencionales más apropiados para implementar a nivel residencial en la comuna.
- 3.- Analizar cada alternativa apropiada en términos técnicos para generar energía dentro del hogar.
- 4.- Evaluar económicamente y determinar si existe ahorro al usar Energías Renovables No Convencionales para la generación de electricidad, calefacción y agua caliente.

1.3 Justificación de la propuesta

Este proyecto nace a raíz de la problemática energética que existe a lo largo del país, entre ellas se destacan: los altos costos de energía eléctrica, la reiterada interrupción energética en los sectores aislados y la alta dependencia de energía. Para esto, es necesario evaluar una alternativa viable para reemplazar las energías que provocan contaminación ambiental (energías tradicionales); como opciones están las Energías Renovables No Convencionales. Además, se pretende demostrar si existe ahorro al usar energías renovables, cuando la energía proveniente de las redes tradicionales falla dentro de los hogares de Romeral.

Actualmente, no existen estudios que aseguren la posibilidad de usar las ERNC en esta zona. Es por esto, que se quiere demostrar de forma técnica y económica si es conveniente para las familias de Romeral invertir en el uso de energías renovables para abastecer sus necesidades energéticas.

Si dentro de este estudio, se demuestra la factibilidad positiva, da la posibilidad que se masifique el uso de estas energías a otros sectores rurales similares a la de este estudio; de forma que exista un ahorro de dinero para la comunidad en gasto e independencia de la generación energética.

En la comuna de Romeral, el gasto energético se divide principalmente en tres fuentes, que son el gas, la leña y la electricidad. De estas tres, la que más se consume es el gas, esta se ocupa para calentar agua principalmente, pudiendo ser reemplazada por la energía solar térmica. En el caso de la calefacción, comúnmente está a cargo del consumo de leña y gas, el cual será necesario evaluar la posibilidad de utilizar energía proveniente de la biomasa. Por otro lado la electricidad, que se utiliza para abastecer todo el hogar, podría ser reemplazada por la energía solar y/o eólica.

Por medio del uso de las Energías Renovables No Convencionales, se crean fuentes de energía eléctrica, térmica o combustible líquido de bajo costo operativo, para el uso doméstico e incluso para la distribución de los excedentes a la red interconectada, cumpliendo con el escenario de la Ley 20.571 (conocida también como Net Billing), ya vigente desde el 22 de octubre de 2014. (Ministerio de Energía, 2015).

En definitiva, la realización del siguiente proyecto, se plantea como una opción que satisfaga las necesidades energéticas básicas, dentro de un hogar, las cuales contribuirían al ahorro en los presupuestos destinados a energía eléctrica y/o térmica.

1.4 Delimitación del proyecto

La energía es un insumo esencial para nuestra sociedad; en cuanto a su disponibilidad, abastecimiento y diversidad en fuentes, influyen directamente en el crecimiento social y económico del país.

La falta de acceso a fuentes y redes de energía constituye, innegablemente, una gran limitación para el progreso sostenible de la población. Es así, que se debe tomar en cuenta que Chile es un país dependiente de recursos fósiles (un 75% de importaciones), sumado a esto, el incremento de los precios de la energía eléctrica y los costos marginales de generación. Este escenario, genera una amenaza para nuestro país, que lo expone principalmente en materia energética.

Para el uso de electricidad será evaluado el uso de energía solar fotovoltaica tanto un sistema On Grid (conectada en la red) como uno Off Grid (sistema aislado). También, se evaluará el funcionamiento de la energía eólica y comprobará si es posible implementarla en un sector residencial.

Además, dentro de un hogar se requiere de energía térmica principalmente para generar agua caliente y de combustibles líquidos para la calefacción. Para ello, se evaluará el reemplazo de las fuentes tradicionales de energía por biomasa.

Esta iniciativa, sobre la aplicación de las ERNC, que aporten a autoabastecimiento de energía en los hogares, nace de la preocupación sobre el tema energético, específicamente en la zona de estudio, esto, con el afán de construir alternativas viables, renovables y rentables en el corto plazo, tomando en cuenta la innumerable cantidad de recursos naturales existentes en el lugar de emplazamiento.

Por otro lado la electricidad, que se utiliza para abastecer todo el hogar, podría ser reemplazada por la energía eólica o la energía solar, las cuales son usadas para ese fin. Una de las ventajas de estas energías es que aprovechan los circuitos eléctricos y de cañerías que ya existen previamente en el hogar.

1.5 Definición del proyecto

El país presenta un potencial significativo de recursos renovables, que pueden ser aprovechados en generación de electricidad, calor y producción de biocombustibles. Sin embargo, a la fecha, el desarrollo de las ERNC no ha avanzado lo suficiente, pues sólo alrededor de un 10,9 % de la producción de energía eléctrica se compone de ERNC. Es por ello, que esta evaluación busca analizar en qué términos es posible el uso de ERNC dentro del hogar para generar ahorro energético.

Esta evaluación se desarrolla en la comuna de Romeral, ubicada al noreste de Curicó, VII Región. Posee 14.460 habitantes hasta el Censo del 2012. Es un lugar rural, caracterizado por sus actividades agrícolas y ganaderas. (INE, 2015).

El estudio busca analizar el consumo energético promedio que tienen las familias de la comuna, para determinar si es posible el reemplazo de energías provenientes de fuentes tradicionales por energías limpias, como son conocidas las Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

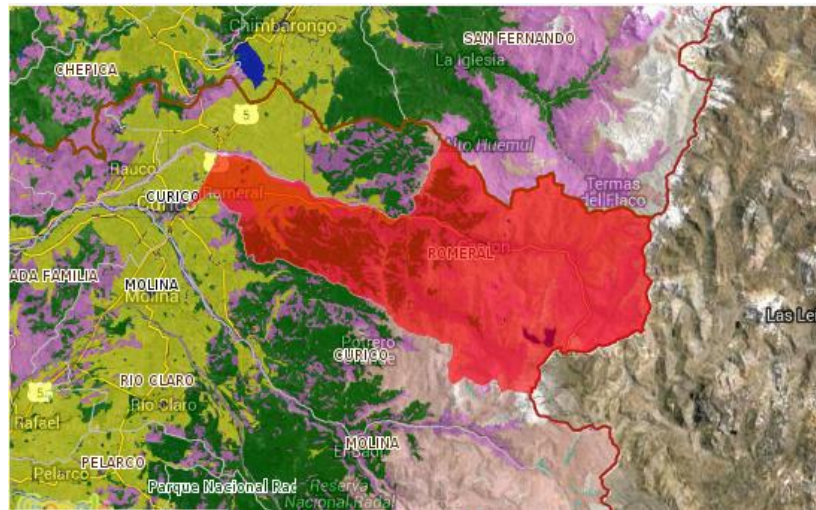


Figura 1. Comuna de Romeral, Provincia de Curicó, Región del Maule, Chile.

Fuente: Googlemaps, coordenadas (-34.954726, -71.114509), 2015.

Una vez que se obtenga la potencia consumida en electricidad, será analizada cada tipo de energía acorde con la potencia necesaria de los aparatos que suministren energía, de forma que ayuden a reducir costos y así contribuir a la descontaminación medioambiental. Para ello, se analizan las cuatro alternativas: dos para la generación de electricidad (energía solar fotovoltaica y eólica), una para obtener agua caliente (energía solar térmica) y una para calefacción (energía de la biomasa).

Finalmente, luego de la evaluación técnica y económica de cada alternativa, será analizado si es posible aplicar la Ley 20.571 (o conocida como Net Billing), el cual se implementaría para autogenerar energía eléctrica y vender los excedentes a la red pública, cuando ésta no está siendo utilizada.

1.6 Metodología Aplicada

Para el desarrollo de este proyecto, la metodología que se seguirá está basada en el Libro “Preparación y evaluación de proyectos” (1995), de Sapag & Sapag trabajada por cada objetivo específico que se desea cumplir.

1.6.1 Objetivo específico 1

Determinar la potencia generada por el consumo energético que tienen actualmente las personas de la comuna de Romeral.

1. Auditoría de consumo energético

1.1 Recopilación de Información

La recopilación de información será primaria y secundaria dentro de los hogares en la comuna en evaluación. La información obtenida considera los siguientes aspectos:

- Determinar el número de la muestra de casas que están en la comuna de Romeral, para recopilar la información del consumo energético. Será necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N*Z^2*P*Q}{N*e^2+Z^2*P*Q}$$

donde

N: Población
Z: Nivel de Confianza
P: Probabilidad a favor
Q: Probabilidad en contra
e: Error de estimación

Las variables que se necesitan para determinar cuál será el resultado de la muestra, son conocidas gracias a la información entregada por el INE, Encuesta CASEN y por la Municipalidad de Romeral.

- Caracterizar el tipo del sistema de electricidad, sistema de calefacción y de Agua Caliente que tienen las casas en Romeral. Además, se requerirá la cantidad de horas de uso de artefactos eléctricos y de iluminación; de calefacción, y del uso de agua caliente . Esta información se obtendrá por parte del Ministerio de Energía, AChEE y trabajo en el lugar de estudio (información primaria).
- Cuantificar el consumo de energía de acuerdo a la fuente energética utilizada, donde se incluirá la cantidad de cada tipo de combustible consumido (en este caso, el gas) en un periodo de tiempo. Esta información se obtendrá con visitas en la comuna y con información secundaria (reportes, libros y tesis relacionadas con el tema).
- Cuantificar las tarifas, precios y costos de energía eléctrica, agua y las fuentes para generar calefacción, que existen dentro de la comuna de Romeral. Esta información se extraerá de las empresas distribuidoras de energía.

1.2 Estimación de los flujos de carga de energía.

- Estimación de la demanda de energía eléctrica conectada, de acuerdo al uso en cada casa evaluada. (kWh/día).
- Estimación de la demanda de energía de sistemas de calefacción (kW/mes).
- Estimación de la demanda de energía para la obtención de agua caliente sanitaria (kW/mes).

1.6.2 Objetivo específico 2

Definir los tipos de Energías Renovables No Convencionales más apropiados para implementar a nivel residencial en la comuna.

2. Análisis comparativo

2.1 Recopilación de Información y Comparación de Alternativas

El análisis comparativo se centrará en la búsqueda de información de las tecnologías más comunes de las ERNC que existen hoy en día y las características que tienen las casas en un sector rural. De la información obtenida se consideran los siguientes aspectos:

- Características de la construcción de las casas habitacionales, donde se determinará si existe la superficie o espacio disponible (en m²), resistencia a modificación o soporte (específicamente en los techos para el caso de paneles solares).
- Características medioambientales y clima de la comuna de Romeral, donde se evaluará si existen las condiciones climáticas (radiación solar, velocidad del viento necesaria, etc.), para la instalación de cierta tecnología.
- Determinar el potencial energético, para definir la capacidad de generación de la tecnología en estudio.

2.2 Caracterización de Alternativas

Dentro de las Energías Renovables que están siendo avaladas para el uso domiciliario se encuentran: la Energía Solar Fotovoltaica y Térmica, Energía Eólica y la Energía proveniente de Biomasa.

Para ello es necesario la determinación de ciertos factores tales como:

- Calcular la potencia entregada por hora para cada tipo de energía, esto se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Energía}[kWh] = \text{Potencia [kW]} * \text{Tiempo}[h]$$

Con esta fórmula, en el caso de Energía Solar Fotovoltaica, se obtendrá la energía entregada por unidad de tiempo para cada celda, para así poder obtener el ahorro y energía entregada para cada opción de celda solar.

- Calcular el ahorro energético para sistemas de Energía solar, generadores eólicos y de biomasa.
- Determinar eficiencia del uso de Energía Solar, Eólica y Biomasa.

1.6.3 Objetivo específico 3

Analizar cada alternativa apropiada en términos técnicos para generar energía dentro del hogar.

3. Evaluación técnica

3.1 Esquema de un Sistema Solar Fotovoltaico.

Los pasos a seguir para dimensionar el sistema fotovoltaico para la generación de electricidad son:

- Establecer consumo eléctrico mensual promedio dentro de una casa común de Romeral.
- Dimensionar el generador fotovoltaico (número de paneles necesarios), de acuerdo a la irradiación que tenga Romeral.
- Dimensionar el sistema de acumulación (número de baterías).
- Dimensionar el regulador y el inversor
- Seleccionar los equipos para el sistema eléctrico.

3.2 Esquema de un Sistema Solar Térmico.

Los pasos a seguir para dimensionar el sistema solar térmico para abastecer a cada hogar con agua caliente son:

- Estimar el consumo de agua caliente.
- Estimar la demanda energética requerida.
- Determinar la irradiación y temperatura del agua de red de la que dispone.
- Dimensionar los colectores (número de colectores solares necesarios).
- Seleccionar los equipos para el sistema de agua caliente.

3.3 Esquema de un Sistema Eólico.

Los pasos a seguir para dimensionar el sistema de aerogenerador para la generación de electricidad son:

- Determinar la velocidad del viento de la que se dispone.
- Estimar el consumo eléctrico.
- Dimensionar el aerogenerador, sistema de acumulación, el regulador, el inversor.
- Seleccionar los equipos para el sistema eléctrico pertinente.

3.4 Esquema de un Sistema de Biomasa.

Los pasos a seguir para dimensionar un sistema de climatización a partir de biomasa para generación de calor son:

- Seleccionar los tipos de biomasa utilizable para climatización.
- Determinar el volumen de almacenamiento.
- Seleccionar los equipos para el sistema de calefacción.

1.6.4 Objetivo específico 4

Evaluar económicamente y determinar si existe ahorro al usar Energías Renovables No Convencionales para la generación de electricidad, calefacción y agua caliente.

4. Evaluación económica

- Determinación de costos de inversión, se incluyen solamente los costos de los equipos principales. Todos estos recursos deberán ser cuantificados y después valorarse a precios de mercado.
- Definir costos operacionales y de mantención para cada tipo de Energía seleccionada.

4.1 Criterio de evaluación

- Obtener el Valor Actual Neto (VAN), considerando la tasa de descuento pertinente.
- Obtener la Tasa Interna de Retorno (TIR), para la toma de decisiones de inversión, entregando la factibilidad de la inversión.
- Con cada uno de los flujos analizados para el periodo de evaluación considerado, se realiza un Análisis de Sensibilidad, donde se evalúa la modificación de los precios de inversión y la cuantificación de recursos necesarios para implementar ERNC.

CAPITULO 2. SITUACION DE LA ENERGIA EN CHILE

2.1 Energías Renovables Convencionales y No Convencionales

Los tipos de energías renovables provenientes de fuentes naturales como el sol, el viento, la marea de los océanos, los vegetales, entre otros, pueden clasificarse en convencionales y no convencionales, siendo para las convencionales la más utilizada, la hidráulica a gran escala y en caso de las no convencionales se encuentran las energías, solar, eólica, hidroeléctrica (hasta 20 MW), marinas, y dependiendo de la forma de explotación también se encuentra la biomasa, geotérmica y los biocombustibles. (Ministerio de Energía, 2015).

2.2 Energías Renovables No Convencionales (ERNC)

Las Energías Renovables No Convencionales son energías limpias que nacen a partir de los recursos que entrega la naturaleza de forma continua e inagotable, en donde su aprovechamiento es prácticamente viable. Estas energías pueden utilizarse para la generación de energía eléctrica, calefacción, transporte, etc. (Manríquez, 2014) (Ministerio de Energía, 2015).

2.2.1 Tipos de ERNC

Las energías renovables se pueden distinguir principalmente por su fuente de obtención como sigue:

Energía Solar

La energía solar puede ser transformada directamente en energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos, indirectamente a través de la concentración solar de potencia y también puede ser utilizada para calentar agua (energía solar térmica) por medio de colectores solares (Figura 2). Sin embargo, una de sus principales desventajas es que sólo se recibe durante el día, por lo que se requiere combinarla con otras fuentes de energía o bien, incluir en ella otros sistemas de almacenamiento. (CIFES, 2015).



Figura 2. Paneles Solares Fotovoltaicos y Colectores Solares Térmicos

Fuente: Ministerio de Energía (2015)

Energía Hidráulica

La energía hidroeléctrica se obtiene de flujos superficiales de agua. En la actualidad se utiliza la energía cinética de distintos ríos para transformarla en electricidad (hidroeléctricas De Pasada) y también la energía potencial de embalses con el mismo fin (hidroeléctricas de embalse).

Técnicamente, existen dos tipos de centrales: **Micro hidráulicas y Mini Hidráulicas** (Figura 3). Las primeras son aquellas que cuentan con equipos que proveen energía de potencia menor a 300 KW y en sistemas aislados de la red eléctrica. Las mini hidráulicas, en tanto, son aquellas que están conectadas a la red eléctrica con potencia menor a 20 MW. (CIFES, 2015).



Figura 3. Central Mini Hidráulica y Central Micro Hidráulica

Fuente: Ministerio de Energía y CIFES (2015)

Energía Eólica

La Energía Eólica es una fuente de energía renovable, resultante de la transformación del movimiento generado por el viento en energía utilizable. La energía del movimiento del viento es aprovechada con molinos que son impulsados y pueden convertir este movimiento en electricidad.

Los sistemas eólicos tienen una vida útil cercana a los 25 años, y se clasifican según su lugar de instalación: **Off-Shore** (ubicados en mar abierto) y **On-Shore** (ubicados en tierra firme). (CIFES, 2015).



Figura 4. Sistema Eólico Off-Shore y Sistema Eólico On-Shore

Fuente: CIFES, 2015

Energía Geotérmica

Esta tecnología genera energía térmica y eléctrica a partir del calor contenido en el interior de la tierra. Las fuentes se encuentran principalmente en zonas volcánicas activas y fallas geológicas.

Chile, al ser un país que posee una zona de alta actividad volcánica, tiene un potencial importante de generación geotérmica. Al año 2025 se estima un potencial bruto de 16.000 MW en el país. Sin embargo, existen barreras para la implementación de la tecnología, el alto costo de inversión y los riesgos involucrados en su desarrollo.

Las tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de la geotérmica contemplan a las energías térmica y eléctrica.

La energía térmica se obtiene de la captación del calor horizontal o vertical mediante tuberías ubicadas bajo tierra.

La electricidad se obtiene vía sistemas de vapor o aire caliente, rocas calientes secas, entre otros. Estos sistemas consisten en la obtención de agua, vapor o aire a través de agua a alta presión (como los géiseres), o en la inyección de agua fría sobre focos subterráneos.



Figura 5. Sistema de energía Geotérmica

Fuente: CIFES, 2015

Bioenergía

Es la energía proveniente de los enlaces químicos de la materia orgánica. Puede ser aprovechada para generar energía eléctrica y térmica. Este tipo de energía se clasifica según sus procesos: bioquímica o termoquímica.

Termoquímica: es utilizada para la generación de energía eléctrica, en donde la biomasa es transformada en un producto, el cual posee un mayor poder calorífico comparado con su estado natural.

Bioquímica: es utilizada para la generación de energía eléctrica y/o térmica, es producida a partir de procesos metabólicos de microorganismos, además produce combustibles líquidos y gaseosos.



Figura 6. Sistemas de la Bioenergía de tipo Termoquímica y Bioquímica

Fuente: CIFES, 2015

2.2.2 ERNC en Chile

En Chile, las Energías Renovables No Convencionales han sido poco desarrolladas, siendo el recurso hídrico el que mayormente ha sido utilizado. Cabe destacar que los grandes proyectos hidroeléctricos no han sido considerados como renovables en las estadísticas nacionales por ser proyectos convencionales.

Las ERNC se han ido implementando con mayor fuerza estos últimos años, generando muchos proyectos en materia de electricidad y combustible. La capacidad instalada de ERNC es de 621 [GWh] al mes de julio de 2015 representando un 10,32% del total de la matriz. De estos proyectos 32,9% corresponden a proyectos eólicos (204 GWh), 31,2% de centrales a biomasa (194 GWh), 19% mini hidráulicos (118 GWh), 13,5% solar (84 GWh) y 3,4% a Biogás (21 GWh).

A continuación, en la Figura 7 se presenta la distribución de la generación de ERNC en Chile:

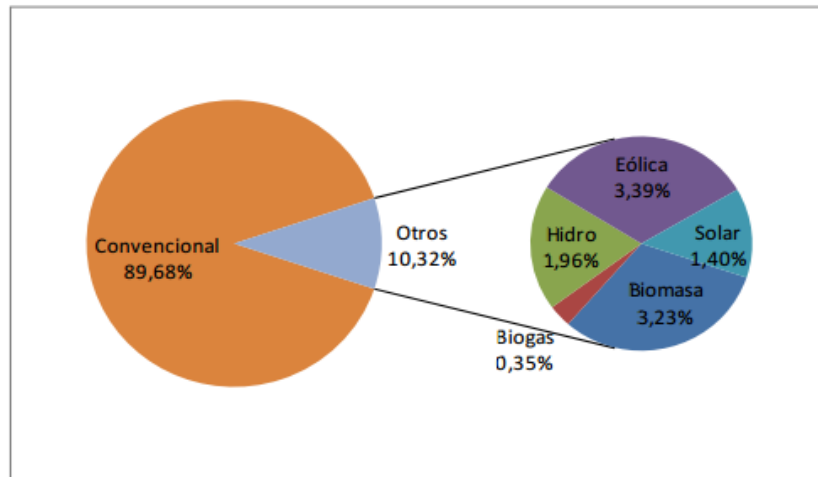


Figura 7. Distribución de la generación de energía eléctrica con tecnologías que usan fuentes renovables,

Julio de 2015

Fuente: CIFES (2015)

2.3 ERNC en las viviendas

Dentro de las viviendas es necesaria la energía para el funcionamiento de los electrodomésticos, sistemas de iluminación (ambos utilizan energía eléctrica); para la calefacción y para generación de agua caliente.

Actualmente, a nivel residencial, en Chile se están instalando sistemas de energía solar fotovoltaica y térmica, para el suministro de energía eléctrica y de agua caliente respectivamente. Además del uso de biomasa proveniente de distintos orígenes (forestal, agrícola, ganadero, etc.), para ayudar a la generación de calor en el hogar (calefacción).

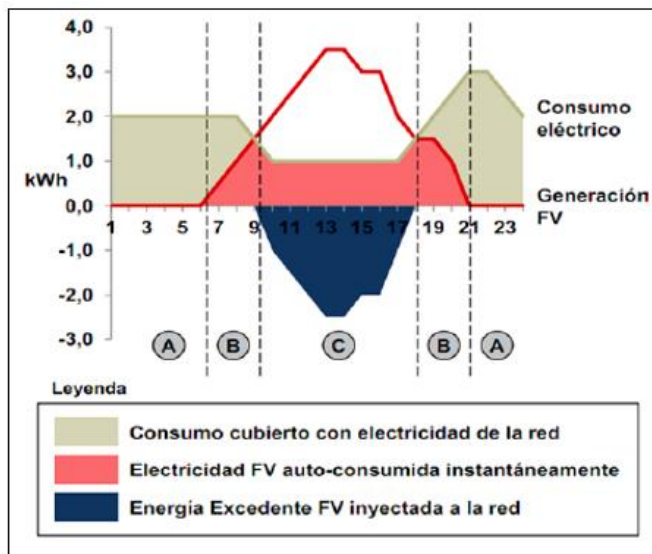
Se encuentran menos registros de la utilización de energía eólica para la generación de electricidad dentro de las viviendas. Sin embargo, se realizará de todas formas la evaluación si su implementación trae beneficios para el uso doméstico normal.

En todo Chile, solo el 5,2% del total de Energías Renovables No Convencionales generadas, están siendo utilizadas a nivel residencial. De este, la mayor cantidad de hogares están apostando por el uso de Energía Solar Fotovoltaica y/o Térmica. (Ministerio de Energía, 2016).

2.4 Ley 20.571 (Net Billing)

En Chile, el 22 de octubre entró en vigencia una tarificación de tipo Net Billing (Facturación Neta) para pequeños **generadores eléctricos** residenciales de hasta 100kW a través de La Ley 20.571.

El Net Billing, por su parte es una variante del Net Metering, que considera también la utilización de uno o más medidores, pero que miden el consumo y los excedentes de forma separada para ser valorizados a un precio diferente, donde finalmente se factura al consumidor la diferencia de ambas valorizaciones. La definición del intervalo de integración que utilizan los medidores es fundamental para establecer el costo-efectividad de las instalaciones, porque establece qué porción de la energía se valoriza a una tarifa alta (de consumo, BT1) y cuanta a una tarifa baja (de excedente, aproximadamente BT2), que corresponde al precio de la energía que traspasa la empresa distribuidora al cliente regulado. (SEC, 2015). Como se observa en la Figura 8.



Tramo A: En este tramo la generación fotovoltaica es nula, puesto que todo el consumo eléctrico se cubre por el suministro que proviene de la red eléctrica.

Tramo B: Una parte del consumo eléctrico es cubierto por el sistema de energía fotovoltaica. Para satisfacer el resto de la demanda se utiliza la electricidad proporcionada por la red eléctrica.

Tramo C: En este tramo coinciden las horas de generación eléctrica por parte del sistema fotovoltaico y de máxima demanda eléctrica.

Figura 8. Funcionamiento Conceptual de la Ley 20.571

Fuente: Toledo (2014)

CAPITULO 3. ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL

En el estudio de mercado será establecido el tamaño de la muestra de evaluación, para así definir el consumo de energía que tienen las personas dentro de sus casas, de acuerdo a distintos factores como la cantidad de horas de consumo, el tipo de electrodomésticos que utiliza, entre otros. Con esto, se pretende obtener la demanda actual de electricidad, agua caliente y de calefacción dentro de una casa común del lugar en estudio.

Para ver la proporción de consumo que tienen a nivel nacional la calefacción, agua caliente y electricidad, y como se proyectan hasta el año 2050, se puede observar la Figura 9.

(Ministerio del Medio Ambiente, 2013).

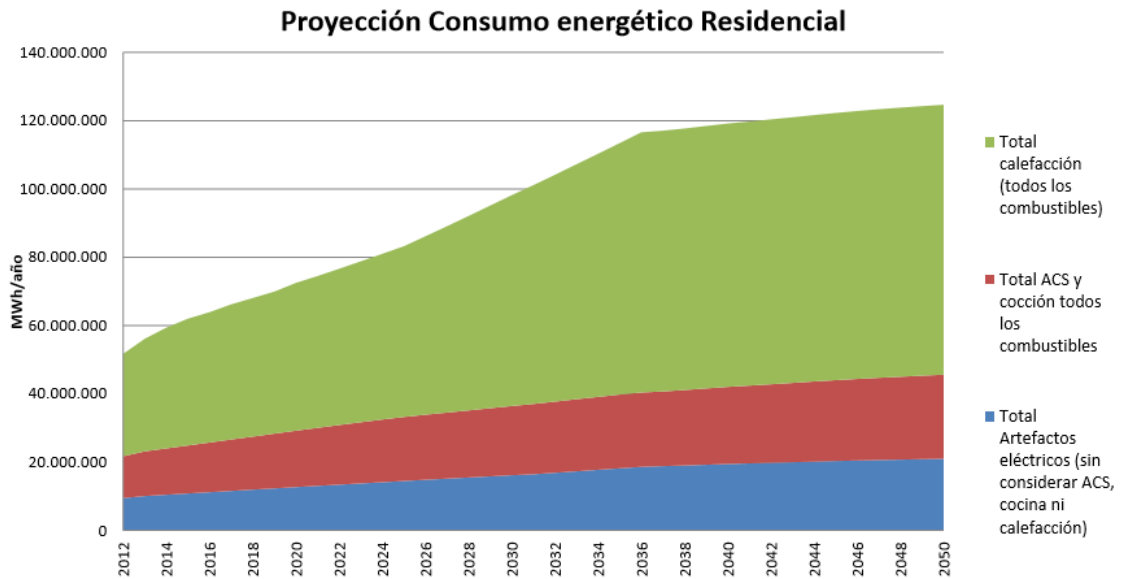


Figura 9. Proyección de Consumo energético en el sector Residencial en Chile

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente (2013)

3.1 Alcance del estudio

La evaluación en cuestión es realizada dentro de la comuna de Romeral, ubicada en la provincia de Curicó, VII Región del Maule. Esta comuna posee 14.460 habitantes, de acuerdo al Censo 2012.

La comuna de Romeral está conformada por 7 sectores, los cuales son:

- Sector Los Guaicos
- Sector El Calabozo
- Sector Romeral
- Sector Los Queñes
- Sector La Jaula
- Sector El Peumal
- Sector Quilvo

De estos sectores se hizo un registro energético a un total de 40 casas, bajo el supuesto de que cada familia está integrada por 5 habitantes aproximadamente.² El catastro en terreno reunió a parte de los sectores: Romeral y Los Guaicos. Ambos sectores suman un total de 80 casas en conjunto; resultando una muestra de 40 casas, donde fue considerado un error máximo de 8% y un nivel de confianza de 97%. Estos valores fueron obtenidos por la ecuación (1).

Los resultados contienen el consumo eléctrico promedio mensual que tienen las familias de Romeral, la cantidad de horas de uso de electrodomésticos y la potencia promedio que utiliza cada aparato. Además del tipo de calefacción que utilizan comúnmente.

² Encuesta Casen, 2012

Una vez obtenidos los datos, se calcula la potencia requerida y qué tipo de energías limpias, como la solar fotovoltaica o eólica son convenientes de utilizar, para el caso de energía eléctrica; energía solar térmica para agua caliente y energía proveniente de la biomasa para generar calefacción respectivamente.

3.2. Análisis energético en los domicilios de Romeral

Para realizar el análisis energético en las casas del sector de Romeral, se consideran tres variables a evaluar, debido a sus características energéticas y de infraestructura:

Caso 1: Consumo en electricidad

Caso 2: Consumo de Agua Caliente

Caso 3: Consumo en calefacción

Luego, se establecerán los equipos eléctricos que se disponen para generar energía. Se procederá a realizar un cálculo de consumo diario, a partir de los equipos utilizados y sus horas de uso, para así establecer el consumo diario y mensual promedio del sector evaluado.

3.3 Energías y combustibles utilizados

- **Electricidad:** esta es entregada por la red pública y es utilizada para el consumo de los electrodomésticos (Refrigerador, televisor, lavadora, microondas, etc.), y la iluminación dentro del hogar.
- **Agua caliente:** es utilizada en baños y en cocinas para lavar loza y aseo personal. La fuente energética principal es el gas licuado que funciona mediante un calefont para calentar el agua.

- **Gas licuado:** es usado principalmente para el funcionamiento de la calefacción y encendido de la cocina. En promedio, todas las casas compran un gas al mes de 15 Kg. cada uno.

3.4 Consumo teórico energético

Los aparatos eléctricos tienen una potencia definida desde fábrica, la cual será utilizada para determinar el consumo teórico eléctrico de una casa estándar. El valor obtenido será comparado con el resultado del consumo real eléctrico para una casa estándar dentro del conjunto representativo en estudio. También se determinará el consumo teórico de agua caliente generada y de calefacción respectivamente.

3.4.1 Consumo teórico eléctrico en el sector residencial

En la Tabla 1 se muestran los datos sobre los principales artefactos que son parte de las cargas conectadas al sistema eléctrico en el sector de Romeral y su consumo promedio (kWh/día) por artefacto y cantidad. En donde se determinó el consumo teórico tanto por día como mensual, considerando el mes con mayor consumo de electricidad (Julio 2015 con 30 días). Por otra parte éste se calculó a través de la potencia promedio total demandada por el sistema, calculando en base a una estimación de las horas de uso promedio de cada uno de los aparatos, dado en la Tabla 1, llegando a obtener un consumo teórico de 259,2 kWh/mes (8,64 kWh/día).

Tabla 1. Cálculo del consumo eléctrico teórico en las casas de Romeral (2015)

Equipos	Cantidad	Consumo (kW)	Horas de uso/día	Consumo (kWh/día)
Refrigerador	1	0,290	8	2,320
Lavadora	1	0,400	1	0,400
Televisor	2	0,070	4	0,560
Microondas	1	1,200	0,5	0,600
Iluminación	7	0,060	4	1,680
Plancha	1	0,600	0,5	0,300
Hervidor	1	2,000	0,33	0,660
Aspiradora	1	1,000	0,5	0,500
Equipo de música	1	0,060	2	0,120
Computador	1	0,300	5	1,500

Consumo (KWh/día)	Consumo teórico (kWh/mes)
8,64	259,2

Fuente: Elaboración propia, 2016

De la Tabla 1 se puede observar que existe un alto gasto en consumo eléctrico al día y mensual, lo que implica que las personas incurren en un gran gasto monetario por mes. El consumo se puede visualizar en la Figura 8, donde se ve reflejado el uso de la iluminación que cuenta con 7 ampolletas de 60 W, permaneciendo 4 horas encendidas con un 19% (1,68 kWh/día) y el uso del refrigerador que permanece conectado a la red las 24 horas del día, pero solo consume energía 8 horas al día con un 27% (2,32 kWh/día).

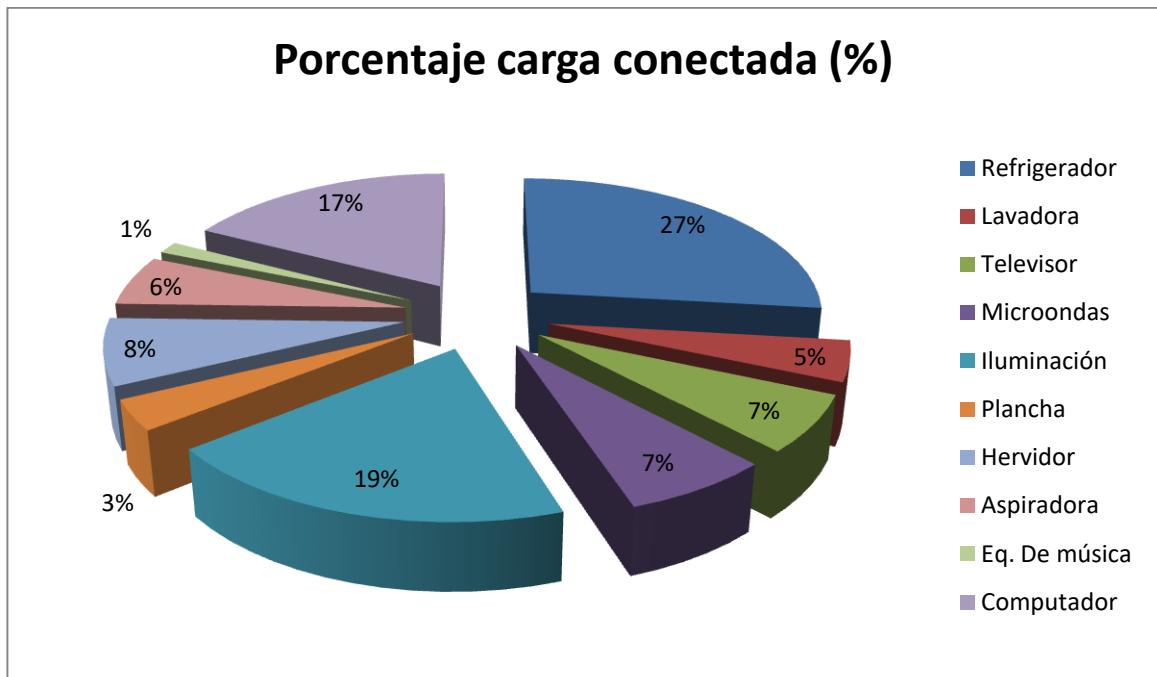


Gráfico 1. Porcentaje del consumo eléctrico por artefacto al día.

Fuente: Elaboración propia

Se deben tomar en cuenta las siguientes indicaciones con respecto a la constancia del uso de los electrodomésticos que tienen diariamente y semanalmente. Puesto que de esta forma cambiará el cálculo del consumo teórico que se obtuvo con anterioridad.

- La iluminación funciona por 4 horas del día, en donde se hace el supuesto de que todas permanecerán encendidas 2 horas y las 2 horas restantes solo se encenderán la mitad de estas. (7 días/semana).
- El refrigerador hace 4 recargas por hora y cada una dura 5 minutos. Por lo tanto, su funcionamiento real dura 8 horas. (7 días/semana).
- Los computadores funcionan 5 horas al día durante la semana. (7 días/semana).
- El hervidor se ocupa 4 veces al día por un tiempo de 20 minutos. (7 días/semana).
- La lavadora se ocupa por una hora, pero esta es utilizada a lo más 3 días a la semana. (3 días/semana).

- Los televisores están en funcionamiento por 4 horas aproximadamente, pero no todos los días de la semana. (5 días/semana).
- El microondas es ocupado por media hora al día. (5 días/semana).
- La plancha es utilizada por media hora. (3 días/semana).
- La aspiradora es ocupada por media hora. (2 días/semana).
- El equipo de música funciona por 2 horas, pero los días que todos los integrantes están en casa, el fin de semana. (2 días/semana).

Tabla 2. Consumo teórico de los aparatos eléctricos según uso por semana

Electrodoméstico/Aparato eléctrico	Días de uso por semana	Consumo diario (kWh/día)	Consumo semanal (kWh/semana)	Consumo mensual (kWh/mes)
Refrigerador	7	2,320	16,240	69,600
Lavadora	1	0,400	0,400	1,600
Televisor	5	0,560	2,800	12,320
Microondas	3	0,600	1,800	7,200
Iluminación	7	4,000	28,000	120,000
Plancha	1	0,300	0,300	1,200
Hervidor	2	0,660	1,32	5,28
Aspiradora	1	0,500	0,500	2,00
Equipo de música	1	0,120	0,120	0,480
Computador	5	1,500	7,500	30,00

Consumo teórico según recurrencia semanal (kWh/mes)	Consumo teórico (kWh/mes)	Diferencia (kWh)
249,68	259,2	9,52

Fuente: Elaboración propia

El consumo eléctrico se ve intervenido de acuerdo al mes, puesto que no es el mismo resultado de consumo en el mes de enero (donde hace mucho calor y no se requiere de estufas), en comparación al mes de junio, uno de los meses más fríos. Por lo tanto, el consumo teórico también cambiará de acuerdo a factores climáticos en cada mes. Esto se ve reflejado en el Gráfico 2.

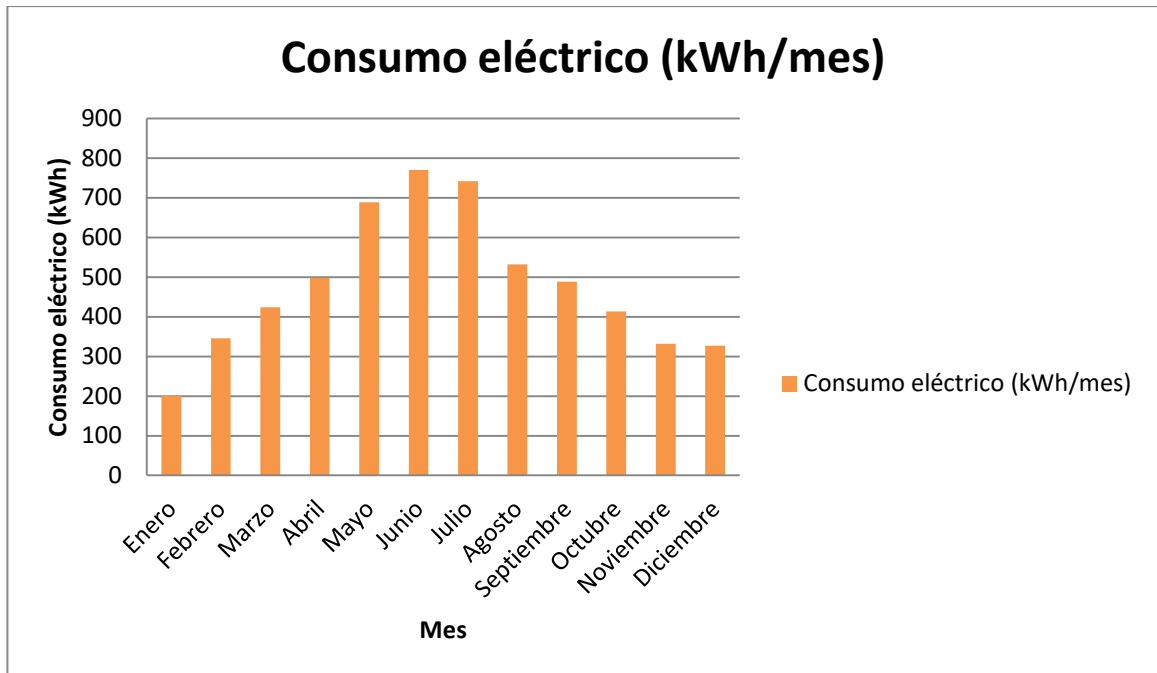


Gráfico 2. Consumo teórico eléctrico mensual (kWh/mes) según mes del año.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Consumo teórico de agua caliente

Para estimar el consumo teórico de agua caliente que existe en el sector residencial, se debe describir en qué situaciones cotidianas se hace uso del agua caliente. Además, se realiza una estimación de la cantidad aproximada que se ocupa y así; se logrará obtener un valor del consumo de agua caliente que mantienen las personas en su hogar.

El consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) se centra su uso en el aseo personal, lavado de vajillas, lavado de ropa, entre otros requerimientos.

De acuerdo a lo estimado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), la cantidad de litros que se consumen al día, según el criterio de consumo (consumo en hospital o en una casa-habitación), se puede ver en la Tabla 3:

Tabla 3. Consumo teórico de agua caliente

Criterio de Consumo	Lts/día
Viviendas unifamiliares	40 por persona
Hospitales y Clínicas	80 por cama

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos de CDT (2010)

En este caso se considera el criterio de consumo de viviendas unifamiliares con una demanda de 40 lts/día/persona y se estiman 5 personas en cada casa³. Esto resulta que son **200 lts/día** (0,2 m³/día) de agua caliente que se ocupan en una casa.

3.4.3 Consumo de calefacción teórico

Se determina el consumo de calefacción de las casas que tengan sistema de abastecimiento de combustible localizado (estufas).

Los energéticos utilizados para calefaccionar el hogar son: la leña, gas licuado y kerosene.

Recomendación: Como el consumo de energía se medirá en kWh y los combustibles y electricidad tienen distintos poderes caloríficos, por ende se debe hacer una conversión de unidades, tal cual como lo recomienda (Rubilar, 2011).

³ De acuerdo a la encuesta CASEN, el promedio de personas que viven en una casa del sector rural de la séptima región es de 4,2 personas. Además de acuerdo a registros realizados en terreno, se comprobó que cada casa está integrada por aproximadamente 5 personas.

Tabla 4. Poder calorífico inferior de los energéticos

Energético	Unidad	Poder calorífico inferior (PCI)	
		[kcal/unidad]	[kWh/unidad]
Leña	kg	2.423 [kcal/kg]	4,18 [kWh/kg]
Gas licuado	kg	11.000 [kcal/kg]	14,04 [kWh/kg]
Parafina	L	11.100 [kcal/L]	12,88 [kWh/L]

Fuente: Rubilar (2011) y CIFES (2016)

Con estos valores, se puede calcular el consumo de energía de la vivienda en [kWh], independiente de la fuente energética que se utilice.

El consumo promedio de calefacción, según el energético que se utilice es de **3.996 [kWh/año]**. La distribución de este consumo entre los distintos energéticos es el siguiente:

Tabla 5. Consumo anual de combustible para calefacción en viviendas

Combustible	Consumo anual	[kWh/año]	[%]
Leña	560 [kg/año]	1.602	40,09
Gas licuado	187 [kg/año]	2.394	59,91
	Total	3.996	100

Fuente: Romero (2011)

Una forma de mejorar la eficiencia y disminuir costos en energía (tanto eléctrica como en calefacción), es la implementación de ERNC, que debido a las características en consumo que han presentado en promedio los hogares, podría ser una muy buena alternativa, por ejemplo:

- En cuanto a la calefacción, se podría implementar un sistema más económico y eficiente que la calefacción a gas, una alternativa posible podría ser la calefacción a base de biomasa, la cual mantendría con calefacción las casas, más horas al día durante los meses más fríos y a un menor costo.
- En cuanto a la electricidad, se podría implementar sistemas que disminuyan su consumo, actualmente existen varias alternativas, tales como, la energía solar fotovoltaica y eólico entre otras, que permiten disminuir el consumo eléctrico y mejorar su eficiencia.
- En cuanto a la generación de agua caliente para las personas, el uso de energía solar térmica, sería una alternativa que disminuye el uso de combustibles tales como el gas que es utilizado para calentar agua, lo que produciría un ahorro económico considerable.

Para la implementación de estos sistemas de ERNC se deberá analizar los factores medioambientales en la zona de emplazamiento y posterior a eso realizar un análisis técnico-económico con el fin de ver la rentabilidad para cada alternativa. Estos serán analizados en los siguientes capítulos.

3.5 Funcionamiento de la Ley 20.571 (Net Billing)

La ley 20.571 o más conocida como Net Billing (Facturación Neta), es un sistema que permite la autogeneración de energía usando Energías Renovables No Convencionales (ERNC). Esta ley entrega el derecho al usuario de vender los excedentes de energía a la distribuidora eléctrica a un precio regulado (conocido como precio nudo). (SEC, 2015).

Para acogerse a la ley, debe ser previamente declarado a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), la que debe ser realizada por un instalador eléctrico autorizado y con los productos necesarios para realizar su instalación.

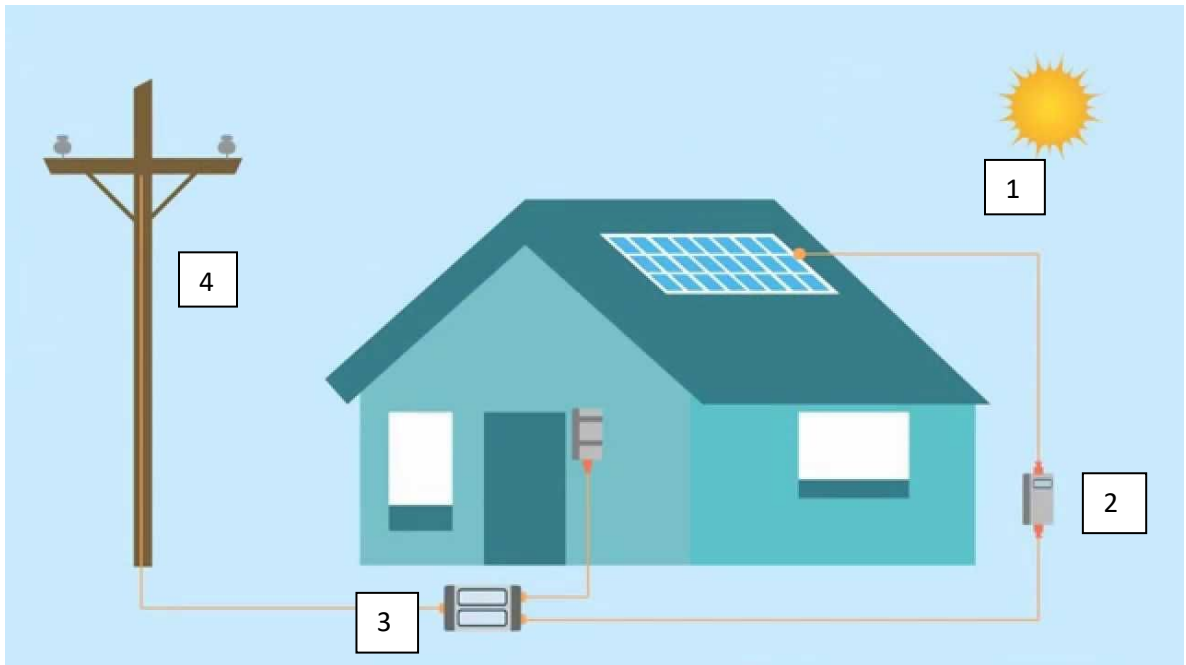


Figura 10. Funcionamiento de la Ley 20.571

Fuente: SEC, 2016

A modo de explicar la Figura 10 paso a paso, la Ley 20.571 funciona para una casa con sistema domiciliario fotovoltaico de la siguiente forma:

1. La irradiación que llega al panel solar fotovoltaico ayuda a convertir la energía solar en electricidad.
2. Esta energía es transmitida hacia el inversor, el cual cumple la función de transformar la electricidad de corriente continua a corriente alterna, para que pueda ser utilizada en perfectas condiciones dentro de una casa.
3. Para ver el consumo se debe disponer de un medidor bidireccional, el cual indique el consumo de electricidad de la red y el que es inyectado como excedente a la red.
4. La electricidad proviene de la red cuando el sistema fotovoltaico no cubra el consumo necesario y por el contrario, el excedente de este sistema puede ser vendido a la empresa distribuidora de electricidad.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE MERCADO

4.1 Análisis de la demanda

4.1.1 Caracterización de los demandantes

La energía que se proyecta a través de la electricidad, agua caliente y calefacción dentro del hogar en el sector de Romeral, es consumida por familias integradas por personas de todas las edades, y que utilizan este servicio de forma permanente.

Las casas que fueron consultadas para la realización de esta evaluación, estaban integradas por un promedio de 5 personas y contenían todas las características energéticas necesarias para llevar a cabo este estudio.



Figura 11. Comuna de Romeral

Fuente: Municipalidad de Romeral, 2015

4.1.2 Consumo real energético promedio

4.1.2.1 Consumo eléctrico Real en los hogares de Romeral

Se puede observar en la Tabla 6, el consumo eléctrico mensual que tienen las familias encuestadas y cuánto es el gasto monetario que tienen. Para ello, se hizo un ajuste en el costo, puesto que en cada cuenta se agregan cargos fijos, energía base y otros intereses por morosidad, entre otros. Se obtiene en promedio que las personas tienen un consumo eléctrico mensual de **164,9 kWh**.

Tabla 6. Consumo eléctrico Real de las familias de Romeral

Consumo (kW/mes)	Costo eléctrico (\$)	Consumo (kW/mes)	Costo eléctrico (\$)	Consumo (kW/mes)	Costo eléctrico (\$)
156	16.692	196	22.942	173	22.836
98	12.949	115	13.455	199	23.293
147	19.404	99	12.474	187	21.889
230	26.910	164	19.197	194	22.775
188	22.560	165	19.314	176	20.601
184	21.538	179	20.952	222	25.986
204	24.480	217	25.400	262	30.916
113	13.221	188	22.006	214	25.680
97	12.804	87	10.179	118	14.160
137	16.029	122	14.274	129	15.480
109	12.753	179	20.952	95	12.350
201	25.125	166	19.431	235	27.507
189	22.123	205	27.060	129	16.510
154	18.026	157	20.253	147	17.192

Consumo eléctrico real promedio de cada casa [kWh/mes]	Consumo eléctrico real promedio de cada casa [kWh/día]	Gasto por cada kWh (\$) en un mes [\$/kWh]
164,9	5,5	119,8

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2 Consumo promedio real de Agua Caliente Sanitaria en Romeral

En las casas de Romeral utilizan gas licuado como energético para recibir agua caliente proveniente del agua de red. Si bien, el consumo no es igual en todas las casas, se estimó un promedio, bajo supuestos como el número de habitantes y las situaciones en las cuales es necesario el uso de agua caliente sanitaria.

En este trabajo, el número de habitantes promedio en una casa de la comuna de Romeral es de 5 habitantes, y se usará el supuesto de que se ocupa agua caliente en duchas y lavado de vajillas.

Como no llegan cuentas de agua caliente sino que del consumo de agua potable mensual. Para saber el precio que paga el usuario por cada metro cúbico, se asume que dentro de la cuenta un 30% es atribuible el consumo de agua caliente.

El consumo mensual total de agua se calcula como:

$$\text{Consumo mensual de ACS} = \text{Consumo diario} \left[\frac{L}{\text{persona}} \right] * N^{\circ} \text{ personas} * \text{días de uso mensual}$$

$$\text{Consumo mensual de ACS} = 40 \left[\frac{L}{\text{persona}} \right] * 5 \text{ personas} * 30 \text{ días}$$

$$\text{Consumo mensual de ACS} = 6.000 [L]$$

En promedio se obtuvo que el consumo mensual de ACS en una casa es de 6 m³.

En una cuenta de agua potable al mes en promedio se cobra \$16.000 aproximadamente. De esto, el 30% equivale al uso de agua caliente (\$4.800), por lo tanto, el precio aproximado de un metro cúbico (m³) de agua caliente sanitaria es de \$800.

Ahora bien, de las cuentas de agua obtenidas se sacó un promedio de consumo de agua caliente para cada mes, debido a que los meses entre abril y octubre presentan mayor consumo de agua. Esto se puede ver en el Gráfico 3.

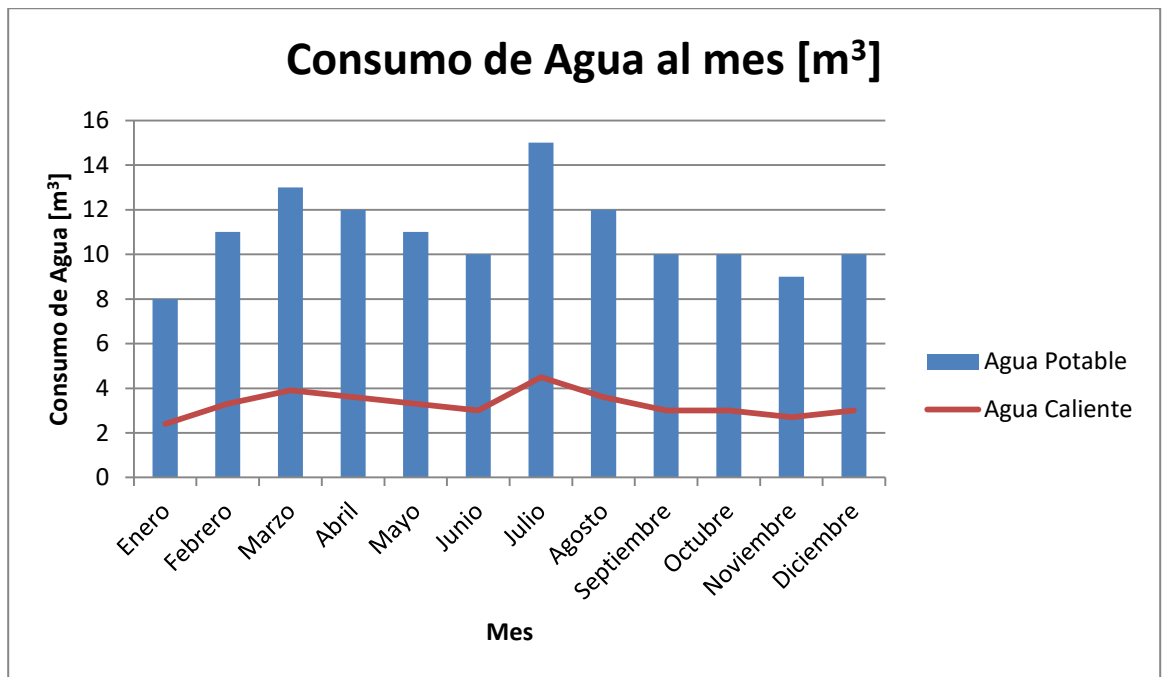


Gráfico 3. Consumo de Agua potable y Agua caliente en una casa para cada mes

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3 Consumo promedio real de Calefacción en Romeral

En la comuna de Romeral, predomina el uso de leña y de gas licuado para la calefacción del hogar en épocas de frío. Para cálculos futuros es necesario decir que las casas en evaluación tienen una superficie de 74 m² aproximadamente. (Romero, 2011).

Para la calefacción se ocupan estufas a gas entre los meses de junio y agosto. Por ende, es necesario conocer la distribución del consumo de gas que se requiere para la calefacción.

De acuerdo al Ministerio de Energía, el 29% del gas es necesario para el uso de calefacción dentro del hogar, considerando que no se necesita todo el año, solo en época de frío. Tal como lo muestra el Gráfico 4. (Ministerio de Energía, 2015).

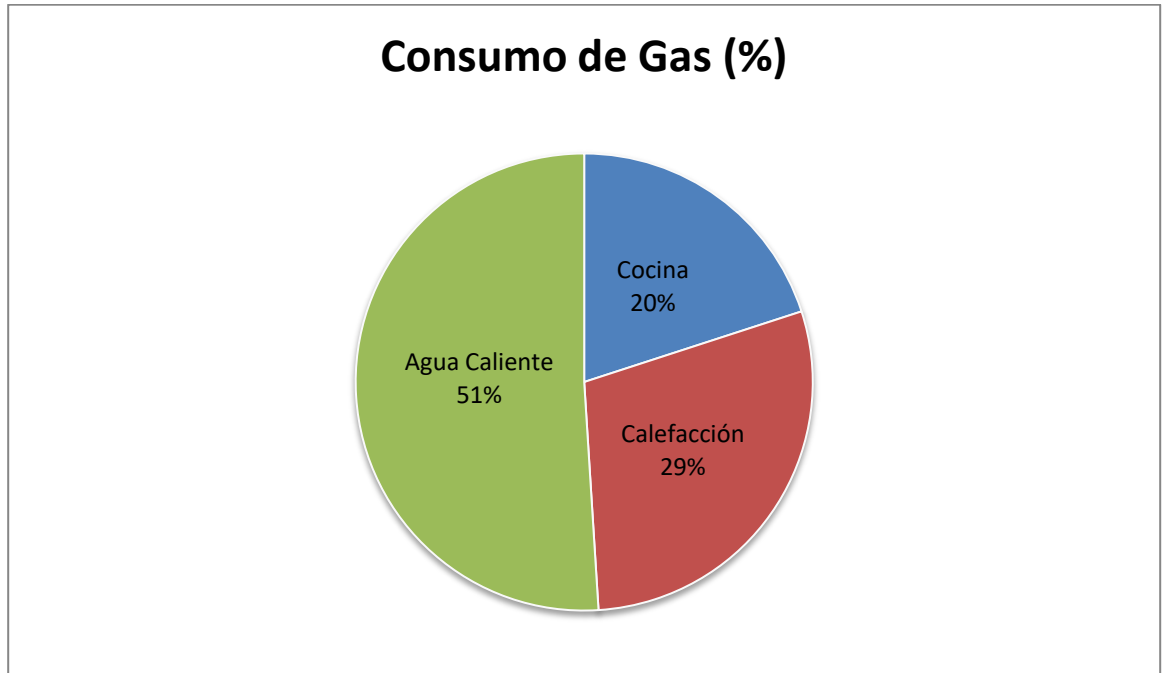


Gráfico 4. Distribución del consumo de gas en una casa común

Fuente: Ministerio de Energía (2015)

Se debe considerar que dentro de los combustibles limpios tradicionales se encuentra el gas licuado, puesto que emana menos contaminación dentro del hogar, algo de vital importancia para la salud de la familia.

En el mercado se pueden encontrar estufas a gas de distintos tipos desde aproximadamente \$60.000 hasta \$110.000. A esto se debe sumar el costo del cilindro de gas que depende de la capacidad.

Del total de casas de Romeral que fueron encuestadas, el 94% utiliza estufa a gas, y compran un gas de 15 Kg mensualmente (sólo para efectos de uso de calefacción).

A partir de la cantidad de combustible utilizado, es posible determinar la cantidad de energía que se requiere para la calefacción.

$$\text{Energía para calefacción mensual [kWh]} = \frac{\text{Poder Calorífico combustible} * \text{Consumo de Combustible mensual}}{\text{Rendimiento del calefactor}}$$

Los rendimientos para distintos sistemas de calefacción se presentan en la Tabla 7:

Tabla 7. Rendimiento para sistemas de calefacción en el sector residencial

Equipo	Rendimiento
Estufa a gas abierta	0,9
Estufa a gas con chimenea	0,67
Chimenea a Leña	0,13
Cocina a Leña	0,43
Calefactor a Leña convencional	0,64
Salamandra a Leña	0,34
Estufa a pellets	0,89
Estufa a parafina	0,9
Estufa eléctrica	0,95

Fuente: CIFES (2016)

Por lo tanto, la energía consumida en calefacción mensual está dada por:

$$\text{Energía de calefacción mensual} = 14,04 \left[\frac{kWh}{kg} \right] * 15[Kg] * 0,9$$

$$\text{Energía de calefacción mensual} = 189,54[kWh]$$

A su vez, el costo de calefacción es aproximadamente **\$15.495** aproximadamente. Esto se obtiene de la multiplicación entre el consumo mensual de combustible (gas licuado), el cual es de 1 balón de gas de 15 Kg, y el precio del combustible (1.033 \$/kg).⁴

4.1.3 Características medioambientales de Romeral

La comuna de Romeral, está ubicado al noroeste de Curicó, posee un clima cálido y templado. La temperatura media anual en Romeral es de 10,6°C y las precipitaciones alcanzan en promedio 833 mm al año, donde es el mes de Junio el que alcanza las máximas precipitaciones. (AccuWeather, 2015).

Las temperaturas promedios oscilan entre los 3,3 a 20 °C, el valor máximo registrado desde el año 2003 hasta hoy, ha sido de 32°C en periodos de verano, principalmente en Enero y Febrero (siendo unos de los meses más secos en la zona), y la mínima para este mismo periodo ha sido de -2°C en meses de invierno principalmente Junio, Julio y Agosto. El promedio pluviómetro ronda los 807 mm y su humedad atmosférica relativa es baja, ya que es un sector medianamente seco. (AccuWeather, 2015).

⁴ De acuerdo a lo que expresa la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, el valor aproximado de un balón de gas de 15 Kg es de \$15.500. Por lo tanto, de aquí se desprende que por cada kg el valor del gas es de \$1.033.

En la Tabla 8 se puede apreciar la información comunal para Romeral, presentando un número de identificación (Id) de 276 dentro de algunas ciudades del país (345 ciudades por orden alfabético) y una zona climática C. La zona climática de cada ciudad es asignada dependiendo de la radiación solar global media anual que posea, en caso de la comuna de Romeral, que posee una zona climática C, presenta una radiación solar global media anual entre 1.454 y 1.701 kWh/m²/año. (Norma Técnica, 2009). Tabla 8.

Tabla 8. Información comunal y zona climática

Comuna	Id	Longitud Media (S)	Zona Climática	Radiación solar global media anual (H) (kWh/m² año)
Romeral	276	35	C	$1.454 \leq H \leq 1.701$

Fuente: Ministerio de Energía, Norma Técnica (2009)

4.1.4 Factores medioambientales de Romeral

La comuna de Romeral presenta un mayor beneficio en factores medioambientales para el uso de ERNC en los meses más secos, en verano (mayor radiación solar, mayor temperatura ambiente, etc.) principalmente en Enero. Los meses más desfavorables, que presentan menores beneficios medioambientales (menor radiación solar, temperatura ambiente, etc.) en invierno, principalmente son Junio y Julio. Ver Tabla 9. Por ejemplo: La radiación solar promedio diario mensual presenta una máxima en el mes de Enero de 11,42 W/m² y una mínima en Junio de 2,86 W/m², en cambio, la velocidad del viento promedio diario mensual presenta una máxima en el mes de Junio de 2,45 m/s y una mínima en Abril de 1,35 m/s.

Tabla 9. Factores medioambientales media diaria mensual y anual

Mes	Radiación solar horizontal (W/m ²)	Temperatura de agua de red (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	11,42	14,4	17,89	1,94
Febrero	10,06	12,7	18,01	1,69
Marzo	8,39	12,7	16,85	1,39
Abril	5,74	10,3	14,03	1,35
Mayo	3,84	8,4	11,53	1,55
Junio	2,86	6,9	9,9	2,45
Julio	3,37	6,9	7,69	2,43
Agosto	4,59	7,8	8,02	1,88
Septiembre	6,67	8,9	9,22	1,73
Octubre	8,57	10,8	11,79	1,89
Noviembre	10,47	12,3	14,13	1,81
Diciembre	11,39	15,3	15,43	1,83
Anual	7,28	10,6	12,87	1,83

Fuente: Ministerio de Energía (2015) y Norma Técnica (2009)

A partir de los datos climáticos de los factores medioambientales presentes en la zona de emplazamiento, se puede observar cuáles son las condiciones meteorológicas para implementar los sistemas de ERNC, como por ejemplo:

Como se conoce cuánto es la radiación solar promedio diario por mes, la cual, presenta un nivel aceptable gran parte del año, esto favorece la implementación de algún sistema solar, tanto térmico como fotovoltaico. Con ello, es posible la implementación de electricidad y de agua caliente para una casa común de Romeral.

De lo contrario como presenta una baja velocidad del viento diario por mes a 5 m de altura sobre el nivel del mar, esto perjudicaría la implementación de algún sistema eólico, ya que no sería rentable un proyecto bajo estas condiciones. Sin embargo, se realizará el estudio de viabilidad de esta energía, puesto que la velocidad del viento aumenta en alturas elevadas, el cual podría ser favorable en un sector más alto, en donde presente una velocidad del viento aceptable. Ver Tabla 10.

Tabla 10. Velocidad del viento (m/s) media diaria mensual y anual para Romeral

Mes	Velocidad del viento a 5 m	Velocidad del viento a 16 m	Velocidad del viento a 25 m	Velocidad del viento a 124 m	Velocidad del viento a 168 m	Velocidad del viento a 224 m
Enero	2,5	3,7	4,0	5,2	5,3	5,3
Febrero	2,1	2,9	3,3	4,1	4,2	4,2
Marzo	1,9	2,6	2,9	3,8	3,9	3,8
Abril	1,8	2,5	2,8	3,5	3,6	3,7
Mayo	1,9	2,6	2,9	3,4	3,3	3,2
Junio	3,2	3,7	4,1	5,4	5,7	6,0
Julio	2,8	3,4	3,7	4,8	5,1	5,4
Agosto	2,3	2,7	3,0	3,8	4,0	4,2
Septiembre	2,2	2,9	3,2	4,0	4,1	4,2
Octubre	2,4	3,2	3,5	4,3	4,4	4,4
Noviembre	2,3	3,3	3,7	4,8	5,0	5,0
Diciembre	2,3	3,1	3,4	4,4	4,5	4,5
Anual	2,3	3,0	3,4	4,3	4,4	4,5

Fuente. Ministerio de Energía, 2015

Para poder implementar estos sistemas de ERNC, se verá el caso más desfavorable para que se pueda satisfacer completamente y funcione correctamente el sistema, principalmente en los meses críticos, los que poseen un factor medioambiental más bajo, en su mayoría se encuentran en los meses de invierno (Julio y Agosto) excepto en el caso de la velocidad del viento, donde el mes crítico es Abril.

4.2 Análisis de la oferta

Actualmente, Romeral es suministrado eléctricamente por la empresa CGE Distribución (red eléctrica), el cual abarca gran parte del SIC (Sistema Interconectado Central) a lo largo de todo Chile. Además de ser el único proveedor de energía eléctrica dentro de la comuna.

Para obtener agua caliente, se utiliza comúnmente un calefont, usando como fuente energética gas licuado. No existen registros de uso de sistema centralizado de agua caliente.

Para la calefacción, además del uso de gas licuado también se utiliza leña, por el bajo costo de su compra. Por ende, el mayor uso para calefacción se obtiene por medio de las estufas a gas.



Figura 12. Proveedores de energía dentro de la comuna de Romeral

Fuente: Buscador imágenes Google

4.2.1 Caracterización de los oferentes

En este ítem, se especifica cuáles son los proveedores de electricidad, de agua (en general, puesto que no existe sistema centralizado para obtener agua caliente) y de combustibles.

Cuadro 1. Características y proveedores de cada mercado de energía en la comuna de Romeral

	Características
Mercado Eléctrico	Dentro del mercado eléctrico de la comuna de Romeral, se encuentra la empresa CGE Distribución, quienes entregan suministro de electricidad en su totalidad. Romeral es parte del 92% de usuarios que son abastecidos por la electricidad que genera la SIC.
Mercado de Agua Caliente	En Romeral no existe sistema centralizado de agua, por esto no existe una entidad que regularice los costos que se presentan de agua caliente. Sin embargo, para tener conocimiento de la cantidad del consumo que tienen regularmente los habitantes de esta comuna, se trabaja bajo el supuesto que de la cuenta de agua potable de la empresa NuevoSur S.A, el 30% del total (*) es utilizado en agua caliente. Al resultado se debe sumar el valor del gas que se ocupa mensualmente para efectos de uso de agua caliente.
Mercado de Calefacción	Existen muchos proveedores de calefacción en materia de energéticos (carbón, leña, gas natural y gas licuado, entre otros). Sin embargo, para efectos de cálculos se utilizarán valores del gas licuado, puesto que es la fuente más utilizada para la calefacción a nivel residencial. (SEC, 2016). Para evaluar los costos, serán utilizados proporcionados por www.gasenlinea.gob.cl .

(*)El 30% del total de cuenta de agua potable, es un valor recomendable por la SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios).

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos de la SIIS y la SEC (2016)

4.2.2 Proveedores de fuentes energéticas en Romeral

Las fuentes de energía en Romeral, se clasifican de acuerdo al uso que se les da dentro del hogar. La participación de cada una en la zona se ha podido obtener a raíz de la encuesta realizada Ver Gráfico 5. Estas son las siguientes:

F. energéticas de Electricidad

- Red Eléctrica (CGE)

F. energéticas de Agua Caliente

- Gas licuado

F. energéticas de Calefacción

- Gas licuado
- Leña
- Parafina

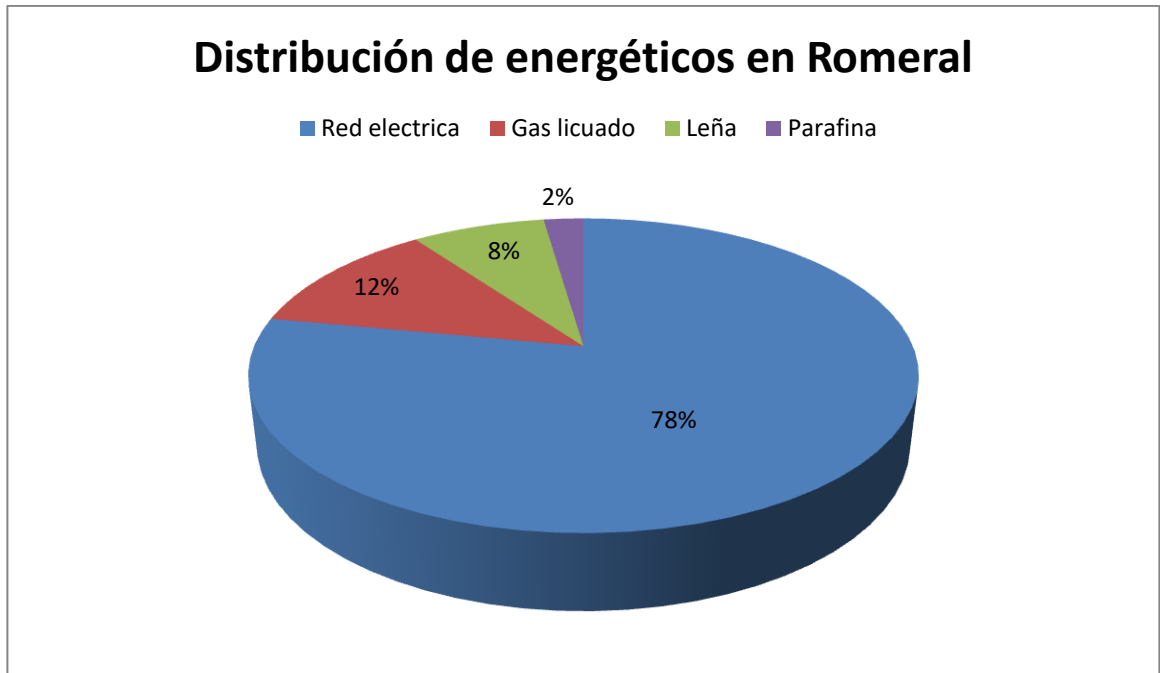


Gráfico 5. Distribución de la participación de fuentes energéticas en Romeral

Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis de los precios

4.3.1 Precios de electricidad en el mercado

Para poder efectuar cualquier tipo de cálculo, se debe entender, a qué categoría de público estamos apuntando con el estudio. Esto, debido a que en Chile la categorización de clientes se define según su demanda de energía eléctrica. De este modo, cada tipo de cliente tiene distintas tarifas y precios asociados.

Para efectos del estudio, estas categorías se reducen sólo a los clientes que utilicen o demanden baja tensión en sus instalaciones, específicamente en sus casas.

Según el marco regulatorio e institucional vigente, los precios a los cuales se valorizan la energía y potencia en el mercado eléctrico presentan cuatro modalidades:

1. *Precios spot o marginales*: Calculados de forma horaria por cada CDEC (Centros de Despacho Económico de Carga), con criterio económico marginalista que rigen el mercado mayorista. Sirven para valorizar las transacciones entre generadores y las inyecciones que los generadores hacen al sistema.
2. *Precios libres*: son los precios libremente acordados entre generadores y clientes libres.
3. *Precios de nudo*: son precios definidos por la CNE conforme a un plan de obras indicativo. Representa el valor esperado de los costos marginales del Sistema, en un horizonte mínimo de 36 meses. El precio resultante de este proceso se compara con los precios libres y se ajustan a una banda de más menos 5 por ciento.
4. *Precios de distribución*: son los precios a los cuales las empresas distribuidoras venden la energía y potencia a sus clientes regulados. Estos precios presentan dos componentes: el “precio de nudo” (precio de licitaciones), que refleja el precio medio al cual las distribuidoras compran la energía y potencia, y el Valor Agregado de

Distribución (VAD) que refleja los costos de distribución de una empresa modelo eficiente (Reporte CER Primer Semestre, 2012).

El precio que las empresas distribuidoras pueden cobrar a usuarios ubicados en su zona de distribución, por efectuar el servicio de distribución de electricidad, esta dado por la siguiente expresión:

$$\text{Precio a usuario final} = \text{Precio Nudo} + \text{VAD} + \text{Cargo Único} *$$

*Por el uso del Sistema Troncal.

En Chile existen dos tipos de clientes; primero están los clientes libres, que cuentan con una potencia conectada igual o superior a 2.000 KW, y los clientes regulados con potencias conectadas inferiores a esta cifra. Tal como dice su nombre, los clientes libres tienen plena libertad en la negociación de sus tarifas con las empresas generadoras, mientras que los clientes regulados están sujetos a tarifas de distribución fijadas por el Estado (CNE, 2012).

Es así, que los clientes podrán elegir libremente una de las siguientes opciones tarifarias, con las limitaciones establecidas en cada caso. Ver Cuadro 2.

Cuadro 2. Tipos de tarifas de baja tensión

Tipo de Tarifa	Características
BT1	Opción de tarifa simple en baja tensión. Para clientes con medidor simple de energía. Sólo podrán optar a esta tarifa los clientes alimentados en baja tensión cuya potencia conectada sea inferior a 10 KW y aquellos clientes que instalen un limitador de potencia para cumplir esta condición.
BT2	Opción de tarifa en baja tensión con potencia contratada. Para clientes con medidor simple de energía y potencia contratada. Los clientes que decidan optar por la presente tarifa podrán contratar libremente una potencia máxima con la respectiva distribuidora, la que regirá por un plazo de 12 meses. Durante dicho período los consumidores no podrán disminuir ni aumentar su potencia contratada sin el acuerdo de la distribuidora. Al término de la vigencia anual de la potencia contratada los clientes podrán contratar una nueva potencia
BT3	Opción de tarifa en baja tensión con demanda máxima leída. Para clientes con medidor simple de energía y demanda máxima leída
BT4	Opción de tarifa horaria en baja tensión. Para clientes con medidor simple de energía y demanda máxima contratada o leída, y demanda máxima contratada o leída en horas de punta del sistema eléctrico

Fuente: CNE, 2012

- Dentro del sector en estudio, las tarifas son de tipo BT1, puesto que el medidor instalado posee una potencia instalada menor a 10 Kw, y es la más elegida por clientes residenciales. Los cargos que tiene esta tarifa son los siguientes:

- **Cargo Fijo mensual:** este cargo es independiente del consumo mensual, todos los meses se factura.
- **Cargo por arriendo:** todos los meses se factura a los clientes que arriendan el medidor a la compañía.
- **Cargo por Energía Base:** es obtenida por la multiplicación entre la energía mensual consumida [kWh] y el precio unitario [\$/kWh].
- **Cargo por Energía Adicional:** es aplicado cuando el consumo supera los 430 kWh entre los meses de abril y septiembre y, si es superior al límite de invierno.

En la Tabla 11, se indican las tarifas de suministro eléctrico de la empresa CGE Distribución S.A., para el sector de Romeral.

Tabla 11. Tarifas de Suministro Eléctrico, CGE DISTRIBUCION S.A, SIC4- Sector 1

Tarifa BT1	Aéreo	Subt 2
Cargo Fijo [\$/cliente]	817,93	817,93
Cargo único por uso del Sistema Troncal [\$/kWh]	0,869	0,869
Cargo Energía Base [\$/kWh]	132,072	136,855
Cargo Energía Adicional Invierno [\$/kWh]	172,618	182,184

*Valores incluyen 19% IVA

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos de
CGE DISTRIBUCION S.A

4.3.2 Precios de Agua (caliente) en el mercado

Para evaluar el precio del agua caliente, se toma el valor aproximado desde la cuenta de agua potable. De aquí se hace el supuesto de que el 30% del total corresponde al consumo de agua caliente.

De acuerdo a lo que indica la empresa NuevoSur S.A. la cuenta de agua que llega al usuario presenta un cargo fijo mensual, y otros cargos variables (alcantarillado, sobreconsumo agua potable, grifos, etc.). En Septiembre de 2015, las tarifas para Romeral están dadas en la Tabla 12.

Tabla 12. Precio aproximado de Agua Caliente en Romeral

	Precio de Agua Potable (\$/mes)	Precio de Agua Caliente (\$/mes)
Cargo Fijo (\$/mes)	876	-
Cargos Variables (\$/m³)	13.436,8*	-
Otros cobros (grifos) (\$/mes)	1247	-
Aporte financiamiento reembolsable (\$/mes)	3.035,04	-
Total	18,594,84	5.578,45

* Como el valor está en (\$/m³), se hace el cálculo con el consumo aproximado de agua potable en una casa normal 15.2 m³/mes.

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos de SISS⁵

⁵ SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios. Datos extraídos de la página http://www.siss.cl/577/articles-4736_NUEVOSUR_G3_Sep2015.pdf, proporcionados por NuevoSur S.A.

4.3.3 Precios de combustibles para calefacción en el mercado

De acuerdo a los energéticos más usados para la calefacción dentro del hogar, el gas licuado es el que se ocupa con mayor frecuencia entre los meses de junio y agosto. Los precios de gas licuado, para balones de 15 kg ⁽⁶⁾ que están en vigencia corresponden al precio de venta, donde está incluido el costo de despacho. Estos valores se observan en la Tabla 13, los cuales son informados por los respectivos distribuidores en el sector de Romeral o alrededores.

Tabla 13. Precios de gas licuado en la comuna de Romeral

Distribuidor	Precio de Venta (\$)
Abastible	14.800
Lipigas	15.100
Gasco	15.020

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos de www.gasolinea.gob.cl

⁶ En promedio dentro de Romeral, las familias destinan 1 balón de 15 kg para calefacción y este dura aproximadamente un mes.

CAPITULO 5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Debido a las problemáticas energéticas que han presentado las casas ubicadas en Romeral, es necesario buscar alternativas que reduzcan estos problemas completamente o parcialmente, a través de opciones que mejoren su eficiencia y principalmente reduzcan los costos. Una alternativa es el uso de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) que pueden ser utilizadas tanto para generación de electricidad, calentar agua o calefacción del hogar.

5.1 Selección de alternativas de sistemas energéticos

Al identificar qué sistemas existen actualmente es posible analizar y buscar alguna alternativa que mejoren los sistemas actuales, en donde se debe analizar la compatibilidad existente entre el funcionamiento energético a nivel residencial, los sistemas energéticos y los factores que afecten a éstos. Para mejorar la eficiencia en materia energética dentro de una casa se considerarán cuatro alternativas de sistemas energéticos que serán analizados, tales como:

Alternativa 1: Sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad (sistema on grid y off grid).

Alternativa 2: Sistema eólico para generación de electricidad.

Alternativa 3: Sistema solar térmico para calentar agua sanitaria.

Alternativa 4: Sistema de biomasa para calefacción

Estos sistemas que funcionan a partir de energías renovables y limpias, pueden mejorar los problemas energéticos y económicos, tales como reducción de los altos costos por electricidad, y por uso de combustibles.

5.2 Definición de Variables

Se hace un análisis comparativo, el cual consiste en analizar algunas variables y características que permitan o impidan la implementación de sistemas de ERNC en el sector residencial de estudio, Romeral.

A continuación se describen los factores críticos considerados para la implementación de sistemas energéticos dentro de una casa estándar de acuerdo a las condiciones ambientales que posee la comuna en cuestión. Las variables a analizar son los siguientes:

1. Construcción
2. Climáticos
3. Internos
4. Externos
5. Energéticos
6. Legales

Al evaluar los requerimientos y factores a considerar dentro de una casa, se considerarán las energías solar fotovoltaica, térmica, eólica y biomasa, debido a que estos tipos de energías cumplen las condiciones que busca satisfacer el funcionamiento eficiente en un hogar. Las características de cada una de las variables para cada tipo de ERNC seleccionada se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de las Variables para evaluar las alternativas de ERNC

Variables	Descripción de Variables
Construcción	Uno de los factores importantes es la construcción (infraestructura) que tengan las casas para la instalación de sistemas de Energías Renovables No Convencionales en cuanto al tipo de infraestructura. En el caso de la Comuna de Romeral, priman las casas con techos de zinc y sus construcciones se caracterizan por ser de hormigón y materiales ligeros. La superficie promedio de las casas es de 74 m ² , dato necesario para evaluar la incorporación de energía limpia para la calefacción.
Climáticas	Dentro de la variable climática se debe mantener énfasis en la radiación solar que mantiene el lugar a lo largo de las estaciones del año y también de la velocidad del viento que presenta. Romeral es una comuna cordillerana que es beneficiada por presentar ambos factores. Estos serán necesarios para evaluar sistemas eléctricos fotovoltaicos y eólicos.
Internas	Los espacios internos son necesarios al momento de evaluar, pues se requiere de una potencia necesaria que sea generada por el sistema que estará ubicado en los sectores externos de la casa.
Externas	En el caso de energía solar de tipo fotovoltaica como térmica no debieran presentar problemas, puesto que las instalaciones son autónomas para cada casa, no ocurre lo mismo para la energía eólica, ya que se requiere de más espacio para su implementación.
Energéticas	Esta es la variable primordial, ya que las necesidades de cada tipo de energía en evaluación son distintas. En este caso, se debe evaluar los requerimientos para la instalación de sistemas que generen electricidad, agua caliente y que abastezcan a los hogares con combustibles provenientes de la ERNC.
Legales	Aquí se deben distinguir todas aquellas problemáticas que interfieren en el desarrollo de la evaluación, en cuánto a limitaciones ambientales, normativas y riesgos.

Fuente: Elaboración propia

Con el análisis técnico se podrá determinar si es conveniente la implementación de las energías renovables no convencionales dentro del hogar. Luego, en el estudio económico se llegará a una conclusión de la viabilidad de todas las alternativas que serán evaluadas.

5.3 Definición de alternativas

La definición de alternativas busca que en caso de que exista viabilidad implementar alguna de estas energías, consiga una mayor eficiencia y ahorro económico.

5.3.1 Alternativa 1: Sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad.

La alternativa 1 consiste en evaluar el sistema solar fotovoltaico, utilizado para la generación de electricidad para abastecer el consumo de iluminación, y el funcionamiento de electrodomésticos. Se debe evaluar si este sistema es capaz de abastecer toda la demanda de electricidad que se requiere, debido a que existe un alto consumo de energía eléctrica que no podría ser cubierta por parte de paneles solares fotovoltaicos, puesto que se debe considerar que la eficiencia de estos paneles es baja (15% - 20%). (Ministerio de Energía, 2015). Un factor importante que hay que tener en cuenta para el uso de paneles solares fotovoltaicos, es la radiación solar que existe en la comuna de Romeral.

Para determinar la cantidad de paneles solares fotovoltaicos necesarios para cubrir el consumo de electricidad de las ampolletas de 60 W de potencia, se considerará el consumo producido por 5 horas al día. Además será considerado un panel solar fotovoltaico de 130 Wp (potencia peak del panel solar fotovoltaico) y 12 V, para cálculos posteriores.

Para determinar el ahorro energético que se produciría al implementar paneles solares fotovoltaicos, se consideró el consumo de electricidad generado por una casa habitación normal (de acuerdo a las características antes mencionadas, con 5 integrantes por familia).

Una de las restricciones que se deben tomar en cuenta es que debido a que la eficiencia entregada por el uso de paneles solares fotovoltaicos es muy baja, no es posible implementar una cantidad enorme de paneles debido a las restricciones existentes (superficie en techumbre e inversión), para ello solo sería posible implementar un pequeño porcentaje que permitiría disminuir este consumo eléctrico.

Además se hará una evaluación aparte del funcionamiento del sistema eléctrico fotovoltaico de forma autónoma (de acuerdo a la ley N° 20.571), para ello no es necesario el uso de baterías, puesto que la energía que excede a la que se utiliza se vende a la red eléctrica.

5.3.2 Alternativa 2: Sistema Eólico para generación de electricidad.

La alternativa 2 consiste en evaluar el sistema eólico, utilizando aerogeneradores de eje horizontal de baja potencia (son los que se usan más frecuentemente en el sector residencial, de acuerdo a lo que se indica en la página web del Ministerio de Energía 2016) para la generación de electricidad. La eficiencia de estos aerogeneradores es baja (15% - 20%) (Ministerio de Energía, 2015), por lo tanto, se requiere evaluar si se necesita un gran número de aerogeneradores para poder satisfacer la potencia completa de los sistemas eléctricos.

Debido a que las condiciones ambientales en el sector, que presentan una velocidad del viento muy baja a 5 m de altura, alcanzando como máximo los 3,2 m/s aproximadamente (Ministerio de energía, 2015) en el mes más favorable (Junio), no se considera recomendable implementar aerogeneradores a esta altura, ya que la máxima densidad de potencia que se podría generar sería inferior a 200 W/m², lo que es muy bajo. Sin embargo, a 224 m de altura la velocidad del viento es de 6,0 m/s, el cual puede ser una alternativa para ubicar un sistema eólico.

Por lo tanto, será evaluado el uso de energía eólica en Romeral, bajo las condiciones climáticas que presenta, si es que se quiere satisfacer el consumo de electricidad aplicando este tipo de energía.

5.3.3 Alternativa 3: Sistema solar térmico para calentar Agua sanitaria.

La alternativa 3 consiste en evaluar el Sistema Energía Solar Térmico, utilizado para calentar agua para lavado de loza, duchas y aseo personal de los habitantes de la casa.

Un factor importante que hay que tener en cuenta para el uso de paneles solares térmicos, es la temperatura de agua de red y la radiación solar. Para efectos de cálculo, se consideró la menor temperatura de agua de red promedio diario mensual en el mes más desfavorable (Junio) en Romeral (6,9 °C) con el fin de que el sistema funcione en perfectas condiciones tanto para los meses con mayor temperatura de agua de red como los que poseen menor temperatura, a su vez fue considerada la radiación solar (irradiación) para el mismo mes crítico (2,25 kWh/m²).

Para determinar la cantidad de colectores solares térmicos necesarios para cubrir el consumo de agua caliente sanitaria producido por las personas, se considerará dos tipos de colectores de tubos de vacío Heat-Pipe, los que se diferencian en la capacidad de acumulación, entre 200 y 300 litros (poseen una superficie aproximada de 3,2 y 4,6 m² respectivamente). (Manríquez, 2014).

Por lo tanto, como en las casas la cantidad de integrantes de cada familia que ocupan agua caliente es de 5 personas, es recomendable utilizar colectores solares térmicos con capacidad de acumulación de 200 litros, cuando se quiera satisfacer un consumo de agua caliente producido por 7 o menos personas, en el caso de que este se utilice para lavado de manos (o de menor consumo). De lo contrario, es más recomendable utilizar colectores solares térmicos con capacidad de acumulación de 300 litros, cuando se quiera satisfacer un consumo de agua caliente producido por 5 a más personas, en el caso de que se utilice para lavado de manos, platos y duchas (Municipalidad de Romeral)⁷. Estos colectores solares pueden ahorrar hasta un 80 % del consumo de gas producido para calentar agua en los meses críticos y hasta un 100 % en los meses más favorables. (AChEE, 2014).

5.3.4 Alternativa 4: Sistema de biomasa para calefacción.

La alternativa 4 consiste en evaluar el sistema de biomasa, utilizado para calefaccionar las distintas áreas dentro de una casa en evaluación (dormitorios, living, comedor, etc.).

Un factor importante que hay que tener en cuenta para el uso de biomasa para calefacción, es considerar que la temperatura interna de una casa es de 20 °C (agradable)⁸ y una temperatura promedio mensual externa a una casa normal para el mes más desfavorable (Julio) de 3,2 °C, para evaluar las pérdidas de calor (pérdidas de calor por transmisión, infiltración de aire y suplementos) producidas para cada cerramiento (muros, tejado, piso, puertas y ventanas).

Para efectos de cálculo se consideró una aproximación de superficie rectangular equivalente al área de un hogar (que fue evaluado de forma estándar), con el fin de facilitar la determinación de las superficies existentes dentro de éste. Además, solamente

⁷ Opinión dada por un técnico en obras civiles

⁸ Opinión dada por un técnico en obras civiles

se considerarán los muros que se encuentran al exterior del hogar (fachada frontal, laterales derecho e izquierdo y trasera).

Otro factor importante, es determinar el tipo de biomasa más recomendable para templar una casa, para este caso se pretende utilizar una biomasa que cumpla con ser una ERNC, siéndola más utilizada y legal, los pellets de madera. (IDAE, 2012).

Tabla 14. Características de los Pellets según tipo

	Tipos de pellet		
	Baja calidad	Estándar	Alta calidad
PCI (kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
PCI (kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Base húmeda (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad (kg/m³)	< 1.000	1.000 – 1.400	> 1.120
Contenido en ceniza (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7*diámetro	< 50	< 5*diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4 - 10	< 8

Fuente: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

Luego de haber seleccionado el tipo de pellets a utilizar, es necesario determinar cuánto pellets se necesita para el funcionamiento de la calefacción.

Por lo tanto, al implementar estufas a pellets (como alternativa) se espera un ahorro en calefacción, cambiando de calefacción tradicional (a gas licuado o a leña) a una a partir de biomasa y eliminando el uso de estufas eléctricas (si es el caso de algunas casas).

CAPITULO 6. ESTUDIO TECNICO

6.1 Aspectos Técnicos de un Sistema Solar Fotovoltaico

Para la evaluación y estimación del recurso solar, se debe describir cómo estimar la capacidad de energía que puede ser extraída de la radiación solar, con el fin de analizar la factibilidad de este recurso para la generación de energía eléctrica. A continuación se detalla la simbología de todas aquellas fórmulas necesarias para desarrollar un pre-diseño de un sistema solar fotovoltaico para generar electricidad dentro de una casa.

- I : Radiación solar diaria horizontal media mensual [kWh/m²/día].
- k : Factor modificador.
- I_{45° : Radiación solar diaria inclinada (45°) media mensual [kWh/m²/día].
- HPS : Horas de sol diarias promedio para cada mes [h].
- E : Consumo energético [kWh/día].
- E_T : Consumo energético teórico [kWh/día].
- R : Factor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica.
- K_b : Coeficiente de pérdidas por rendimiento del banco de baterías.
- K_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor.
- K_v : Coeficiente de pérdidas varias (pérdidas en conductores, efecto joule, etc.).
- K_a : Coeficiente de auto-descarga diario.
- N : Número de días de autonomía de la instalación.
- P_d : Profundidad de descarga diaria de la batería.
- E_R : Consumo energético real [kWh/día].
- N_p : Número de paneles solares fotovoltaicos.
- W_p : Potencia peak del panel [kW].
- V : Voltaje nominal de la batería [V].
- C_{bat} : Capacidad del banco de baterías [kAh].
- F_i : Factor de cobertura.

6.1.1 Componentes de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico

Los componentes necesarios son fundamentalmente cuatros: paneles solares, baterías, inversores de corriente y controladores de carga.

- a) **Paneles solares:** transforman la radiación solar en energía eléctrica. A partir del consumo eléctrico diario (kWh) y la radiación del lugar, se puede estimar la energía que generan los paneles y cuál es la cantidad de paneles necesarios. En el Anexo 1, se obtiene que el número de paneles necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico es de *8 paneles*, los cuales satisfacen el consumo que se obtiene dentro de los meses que presentan menos irradiación solar, como lo es en este caso en junio.
- b) **Baterías:** las baterías son necesarias para aquellos sistemas *off grid*, es decir, aquellos que están aislados a la red, puesto que la función de las baterías es acumular la energía que se produce en los paneles y proporcionar esta energía a la instalación durante los periodos sin luz solar o sin suficiente luminosidad.
- c) **Inversores:** estos convierten la corriente continua de las baterías en corriente alterna, lo que permite el uso de artefactos que funcionen con 220 V.
- d) **Reguladores de carga:** controlan la carga de las baterías, evitando la sobrecarga y disminución de su vida útil.

6.1.2 Tamaño del Sistema de Energía Solar Fotovoltaico

Para determinar la dimensión global del sistema se debe estimar el consumo de energía eléctrica diaria (kWh) y el tiempo de autonomía mínimo. En esta evaluación, se determinó un tiempo de 3 días de autonomía. Además se incluye un 25 % de seguridad, dado el desgaste que pueden presentar los paneles solares y las baterías y las pérdidas de energía que puedan surgir. Ver Anexo 1.

a) Paneles Solares

La cantidad de paneles solares depende de la radiación promedio del sector que está en evaluación y del consumo promedio diario de electricidad dentro de la casa. Se debe dar énfasis en que la eficiencia promedio de un panel solar es baja (15-20%), por lo tanto, se requiere encontrar el número de paneles necesarios para satisfacer la potencia del sistema eléctrico completo que existe.

Para un consumo diario de 5,5 kWh y considerando que las horas solares promedio son de 12 horas, se necesitarían 8 paneles solares. Para obtener este cálculo se consideró un panel de 130 Wp (potencia peak del panel) y 12 V. Para detalles de los cálculos, revisar *Anexo 1*.

El tipo de panel que puede ser utilizado es de silicio monocristalino y fueron cotizados en la empresa EkoSun (ubicado en Curicó) y en Heliplast.

b) Baterías

El sistema de acumulación de energía eléctrica lo realizan las baterías, estas deben cubrir la capacidad de potencia de los paneles fotovoltaicos. La corriente máxima corresponde al valor de corriente que permite una descarga continua de 20 horas, en donde la energía remanente representa el 20% de la potencia máxima inicial. En el Anexo 1 se puede observar los cálculos que llevan a determinar que se requiere un banco de baterías de 220 A/h de 12 V. Puesto que la capacidad que debe tener es de 2,51 kWh, para acumular la energía que no se ocupe.

c) Inversores

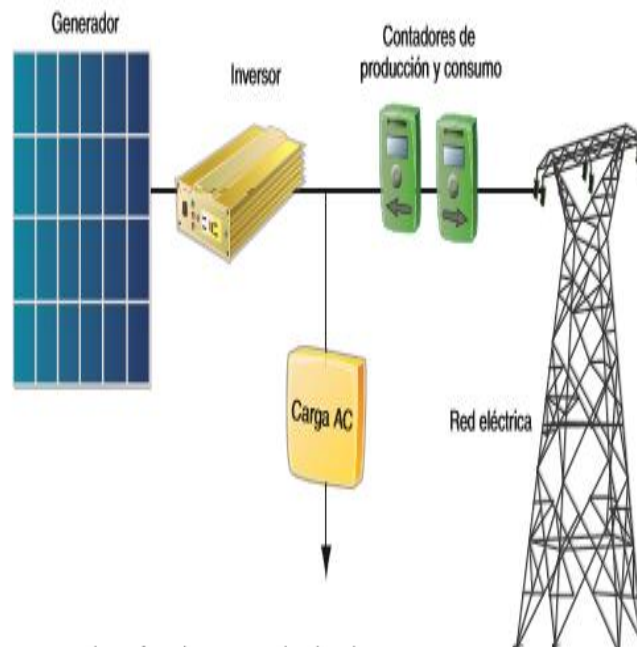
Para la selección del inversor se necesita conocer la potencia máxima instantánea demandada en electricidad 5,5 kW. Y por último, sumando el consumo extra de seguridad del 25%, se obtiene 6,88 kW. Por lo tanto, la potencia instantánea del inversor alcanza los 6880 W.

d) Reguladores

La función básica de un regulador de carga es prevenir descargas y sobrecargas de las baterías. El precio del regulador representa solamente el 5% de la inversión inicial de un Sistema Solar Fotovoltaico. Sin embargo, el costo que puede representar a largo plazo es mucho mayor, puesto que las baterías pueden ser el componente de mayor costo y la duración de estas dependen directamente de la calidad del regulador de carga.

6.1.3 Funcionamiento de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico

Existen dos sistemas de energía solar fotovoltaica, en la Figura 13 se muestra primero el sistema que no requiere de baterías, puesto que el sistema cumple con la normativa presentada en la Ley 20.571. Por el contrario, el segundo sistema es a base de uso de baterías (sistema off grid) para acumular la energía que entregan los paneles y no está siendo utilizada.



b)



Instalación solar autosuficiente: la vivienda no tiene que estar conectada a la red, produciendo por sí sola la electricidad necesaria para su consumo

Figura 13. Tipos de sistemas de energía solar fotovoltaica para generar electricidad.

Fuente: (Chile Renovables, 2015)

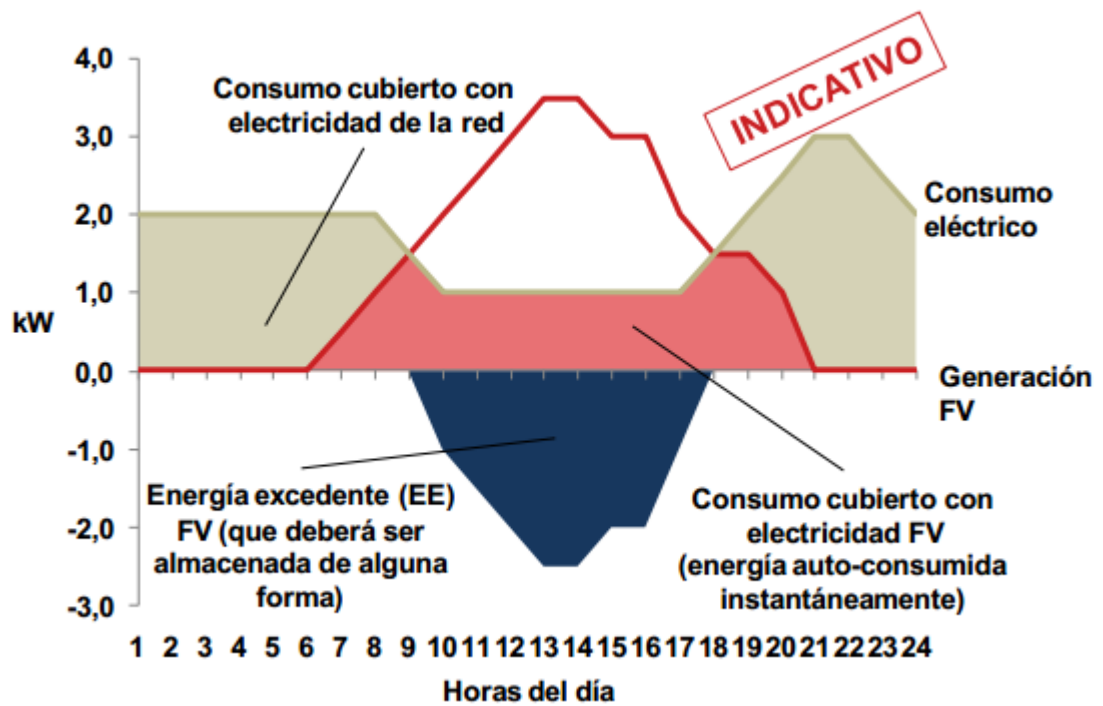


Gráfico 6. Generación fotovoltaica y consumo de la red

Fuente: DFC (2013)

6.2 Aspectos Técnicos de un Sistema Energía Solar Térmico

Para la evaluación y estimación del recurso solar, se debe describir cómo estimar la capacidad de energía que puede ser extraída de la radiación solar, con el fin de analizar la factibilidad de este recurso para la generación de agua caliente. A continuación la simbología necesaria para los cálculos necesarios para desarrollar un pre-diseño de un sistema de energía solar térmica para generar ACS dentro de una casa.

Simbología

$Q_{ACS} \cdot m_{agua}$: Consumo volumétrico de ACS [$m^3/\text{día}$]
T_{amb}	: Temperatura de agua fría media mensual [$^{\circ}\text{C}$]
T_{acum}	: Temperatura de acumulación media mensual [$^{\circ}\text{C}$]
DE_{ACS}	: Energía necesaria para cubrir el salto térmico [$\text{kJ}/\text{día}$]
C_p	: Calor específico del agua en condiciones normales [$4,186 \text{ kJ}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}$]
ρ	: Densidad del agua en condiciones normales [$1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$]
H_e	: Radiación solar horizontal media mensual [$\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$]
t	: Horas útiles de sol promedio diarias [$\text{h}/\text{día}$]
k	: Factor modificador
$H_{c-\beta}$: Radiación solar inclinada media mensual [$\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$]
I_{β}	: Intensidad útil (irradiancia) promedio mensual [W/m^2]
x	: Parámetro del colector solar de tubos de vacío Heat Pipe [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$]
x^2	: Parámetro del colector solar de tubos de vacío Heat Pipe [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$] ²
n	: Rendimiento instantáneo
n_0	: Rendimiento óptico
a_1	: Primer coeficiente de pérdida [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
a_2	: Segundo coeficiente de pérdida [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
A_s	: Aporte solar producido por los colectores solares [$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$]
E_{neta}	: Energía unitaria disponible [$\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ día}$]

$S_{captación}$: Superficie unitaria de captación [m^2]
$S_{colector}$: Superficie del colector [m^2]
m_{gas}	: Consumo volumétrico de gas [$m^3/día$]
Δhr_{gas}	: Poder calorífico del gas [$kcal/m^3$]

6.2.1 Componentes de un Sistema Solar Térmico

Los componentes de un Sistema de Energía Solar térmico, están conformados por los colectores solares, red hidráulica (válvulas, cañerías, intercambiador de calor, entre otros) y acumuladores. La descripción de cada uno es la siguiente:

Colector solar: Es el principal componente del sistema de captación y el elemento más representativo de las instalaciones solares térmicas. Es el encargado de transformar la radiación solar en calor, donde ésta se transfiere a un fluido calo-portador aumentando su temperatura. El tamaño de los colectores más utilizados se encuentra en el rango de los 2 m^2 aproximadamente y el peso aproximado de un colector plano (el más utilizado en instalaciones de ACS) varía entre 15 y 25 [Kg / m^2].

Acumulador Solar: se utiliza para almacenar el agua caliente producida en el Sistema Solar Térmico. Por lo tanto, debe mantener la calidad sanitaria del agua, colaborar en la buena eficiencia de la instalación y evitar las pérdidas térmicas para no perder temperatura.

Red hidráulica: Se incluyen los elementos necesarios para interconectar todos los componentes. Estos son:

- Intercambiador de calor: El intercambiador es el componente que separa circuitos con distintos fluidos y permite realizar la transferencia de calor entre ellos. Es importante que se conozca la potencia, los caudales y los saltos de temperatura de los circuitos así como la superficie de intercambio térmico al momento de su adquisición.
- Bomba de circulación: se encarga de mover el fluido en el circuito.
- Válvulas: las válvulas utilizadas en las instalaciones de energía solar térmica pueden ser de distintos tipos (anti retorno, de seguridad, de equilibrado, etc.), y estas se encargan de abrir o cerrar paso al traspaso de agua.

6.2.2 Tamaño de un Sistema Solar Térmico

Para determinar la dimensión global del sistema se debe estimar el consumo de agua caliente diaria (m^3). Para el uso común de ACS es recomendable utilizar un colector solar con capacidad de 200 L para abastecer hasta 5 habitantes de una casa. Los componentes fundamentales del sistemas son los siguientes:

a) Colector Solar

De acuerdo a los cálculos obtenidos en el Anexo 3 y al presupuesto realizado a la empresa NATenergy, se necesita un colector solar de 150 L con acumulador incluido. Es necesario un sistema de energía solar integrado que genere agua caliente para cubrir las necesidades de una familia de hasta 5 personas.

b) Válvulas

Se ha de prever un espacio acorde a la instalación del equipo necesario para el sistema solar térmico. Se necesitan tres tipos de válvulas, estas son:

- **Válvula mezcladora**
- **Válvula temperatura/presión**
- **Válvula antiretorno**

c) Medidor de temperatura

d) Tuberías PPR

e) Aislantes térmicos, interiores y exteriores

Serán aislados las cañerías de los circuitos mediante el reglamento que establece la Ley 20.365, que establece la franquicia tributaria.

- Cañería instalada al interior de la vivienda: $e_{min} \geq 0,75 * d * \lambda / 0,04$
- Cañería instalada al exterior de la vivienda: $e_{min} \geq d * \lambda / 0,04$

donde.

e_{min} : espesor mínimo [mm]

d : diámetro de cañerías [mm]

λ : conductividad térmica del material de aislante usada [W/mK]

Consideración: para una instalación de 150 L es necesaria una longitud de 20 mts de cañería.

6.2.3 Funcionamiento de un Sistema Solar Térmico

En el esquema básico de funcionamiento de una instalación solar térmica para generar ACS, representado en la Figura 14, pueden diferenciarse los siguientes sistemas:

- *Sistema de captación:* transforma la radiación solar incidente en energía térmica aumentando la temperatura de un fluido de trabajo.
- *Sistema de acumulación:* almacena el agua caliente hasta que se precise su uso.
- *Sistema de intercambio:* realiza la transferencia de energía térmica entre el fluido de trabajo.
- *Sistema de apoyo:* complementa el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir el consumo previsto
- *Red hidráulica:* está constituido por todos los circuitos hidráulicos que son los conjuntos de cañerías, con su aislante, accesorios, bombas, válvulas, etc. que interconectan los distintos sistemas y mediante la circulación de fluidos producen la transferencia de calor desde el sistema de captación hasta el consumo.
- *Sistema eléctrico y de control:* aplica las estrategias de funcionamiento y de protección organizando el arranque y parada de bombas, las posibles actuaciones de las válvulas de tres vías (si las hubiera) y cualquier otra actuación electromecánica que se prevea.

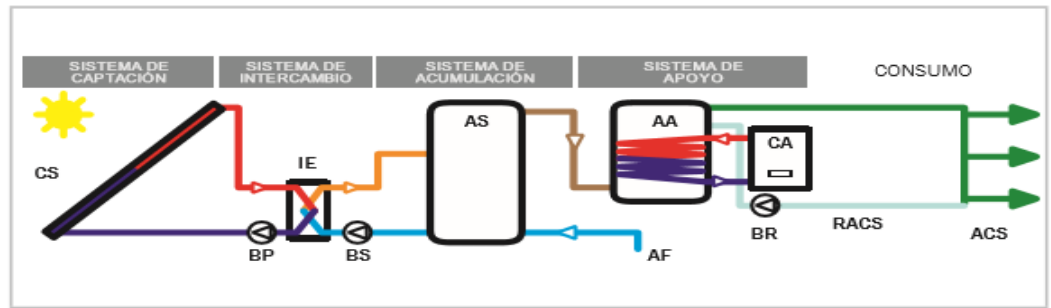


Figura 14. Sistema de funcionamiento esquemático de una instalación solar térmica.

Fuente: Ministerio de Energía, 2015

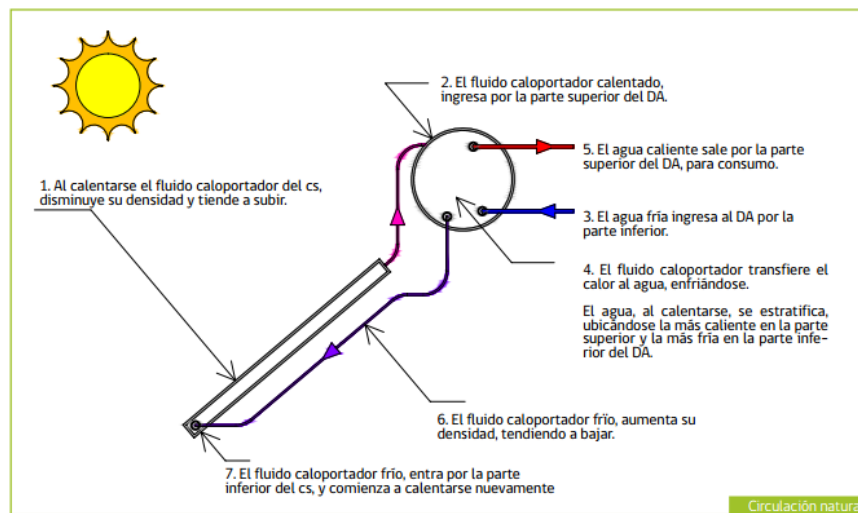


Figura 15. Proceso de obtención de ACS mediante un colector solar con termosifón (acumulador)

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2014)

Recomendaciones:

- Se deben instalar sistemas autorizados por la SEC (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).
- Los equipos a instalar deberán contar con el debido respaldo y garantía técnica en Chile.

6.3 Aspectos Técnicos de un Sistema de Energía Eólica

- \bar{v} : Velocidad del viento media diaria mensual [m/s].
- k : Factor de forma.
- F_e : Factor de potencia eólica.
- γ : Función Gamma.
- ρ : Densidad del aire seco [kg/m³]
- $(P_d)/A$: Potencial eólico disponible por unidad de área [W/m²]

6.3.1 Funcionamiento de un Sistema de Energía Eólica en sector residencial

Estos sistemas pueden conectarse a la red de distribución y se denominan “Sistemas interconectados a la red”, y pueden reducir su facturación de electricidad. En caso de que la turbina no cubra la cantidad de energía que se consume en la casa, la compañía distribuidora de electricidad cubrirá el excedente. Tal como lo muestra la Figura 16.

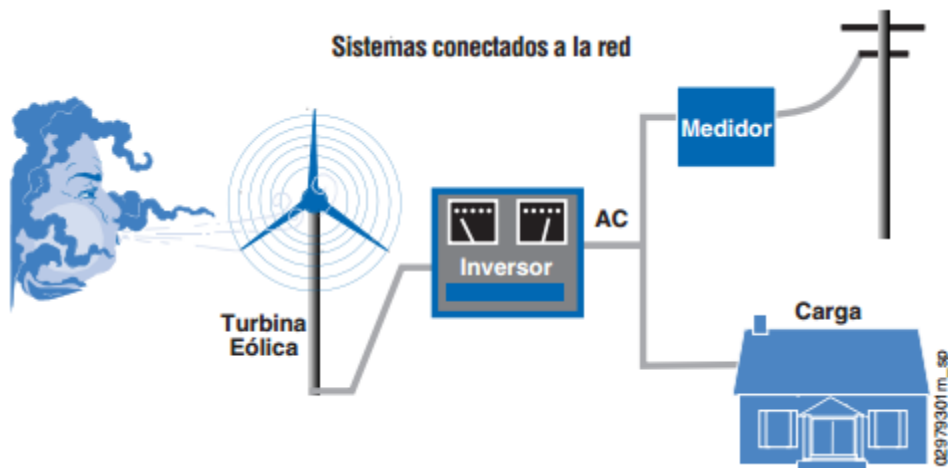


Figura 16. Sistema de Energía eólica conectado a la red.

Fuente: <http://apps2.eere.energy.gov/wind/windexchange/>.

6.3.2 Componentes de un Sistema de Energía Eólica

Al igual que el sistema de energía solar fotovoltaica para generar electricidad, existen dos métodos para su obtención, mediante sistemas conectados a la red y aislados. Los componentes son los mismos para ambos casos, solo para los sistemas aislados se requiere de baterías.

Turbina eólica: la mayoría son de eje horizontal y son de las llamadas “corriente viento arriba” y cuentan con dos o tres alabes, los cuales por lo regular están fabricados con materiales compuestos, tales como fibra de vidrio. La cantidad de electricidad que una turbina puede generar, está determinada en una primera instancia, por el diámetro del rotor.

Baterías: deben ser instaladas en forma aislada de las áreas de instalación y de equipos electrónicos debido a que contienen sustancias corrosivas o explosivas. Asimismo, las baterías de plomo-ácido requieren ser protegidas de temperaturas extremas.

Soporte o Torre: Debido a que a mayores alturas el viento es más intenso, la turbina es montada en una torre. La torre también evita las turbulencias de aire que podrían existir a más baja altura, como construcciones y árboles presentes. Por regla general, se recomienda instalar la turbina en una torre, en la cual la parte inferior del rotor esté a una altura de 9 metros de cualquier obstáculo que se encuentre a una distancia de 90 metros de la torre.

Componentes de balance del sistema: Para un sistema residencial conectado a la red, los componentes de balance del sistema incluirán un controlador, baterías de almacenamiento, una unidad rectificadora de señal (inversor) y el cableado.

6.3.3 Tamaño de un Sistema de Energía Eólica

Las turbinas para aplicaciones residenciales pueden estar en el rango de los 400 W hasta los 100 kW (para cargas muy grandes), dependiendo de la cantidad de electricidad que se desee generar.

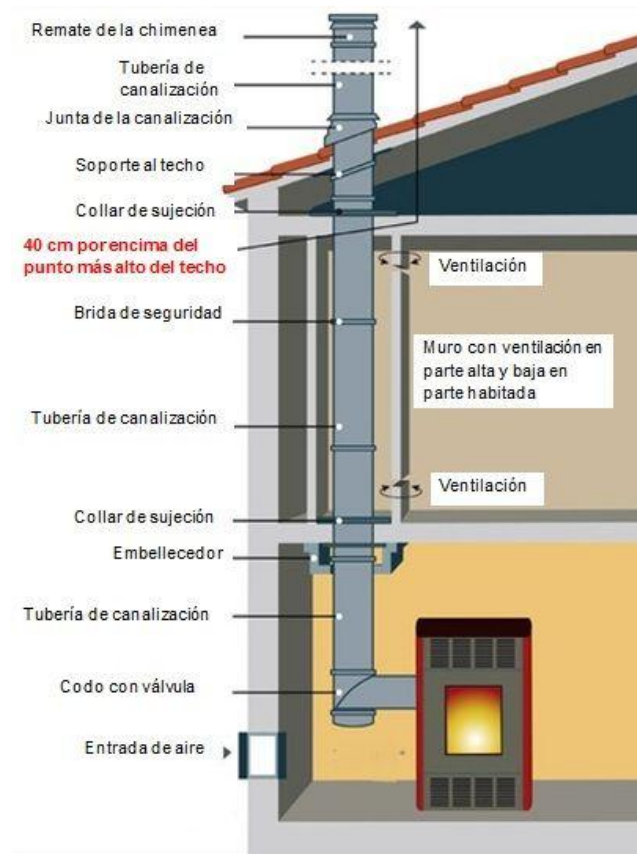
Una casa común de la zona en estudio, consume aproximadamente 2 Kwh al año. Dependiendo de la velocidad promedio del viento en el área de instalación (externa), una turbina de potencia nominal de 5 kW, podría hacer una contribución importante para esta demanda. Sin embargo, un factor importante es la altura a la que será instalado, puesto que la velocidad del viento varía de acuerdo a la altitud.

6.4 Aspectos Técnicos de un Sistema de Biomasa

U	: Coeficiente de transmisión global [$\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$].
R_{SI}	: Resistencia térmica superficial interior [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$].
R_{SE}	: Resistencia térmica superficial exterior [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$].
e_n/λ_n	: Resistencias térmicas internas [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$].
Q_T	: Pérdidas de calor por transmisión [Kcal/hr o W].
S	: Superficie del cerramiento [m^2].
t_i	: Temperatura interior [$^{\circ}\text{C}$].
V_A	: Temperatura exterior [$^{\circ}\text{C}$].
q	: Volumen de aire infiltrado por las fisuras [m^3/hr].
Q_V	: Pérdidas de calor por ventilación o infiltración [Kcal/hr].
Q_0	: Demanda calorífica total [Kcal/hr].
C_V	: Calor específico volumétrico del aire [$\text{Kcal}/\text{m}^3/^{\circ}\text{C}$].
P_m	: Permeabilidad media [$\text{Kcal}/\text{hr}/\text{m}^2/^{\circ}\text{C}$].
Q_s	: Pérdidas de calor por suplementos [Kcal/hr].
F_S	: Factor de suplementos [%].
P_c	: Potencia de consumo [kW].
E_c	: Energía consumida [$\text{kWh}/\text{día}$].
H_F	: Horas de funcionamiento de los equipos [horas/día].
B_c	: Biomasa consumida [$\text{kg}/\text{día}$].
PCI	: Poder calorífico interior de la biomasa utilizada [kWh/kg].

6.4.1 Funcionamiento de un Sistema de Energía de Biomasa para Calefacción

Para determinar el consumo de pellets en las ciudades, se calcula la demanda actual de calefacción en función de la cantidad de leña consumida. Posteriormente, considerando la eficiencia de los calefactores a pellets, el poder calorífico de este y la energía demandada, se calcula la cantidad de pellets que deben ser adquiridos.



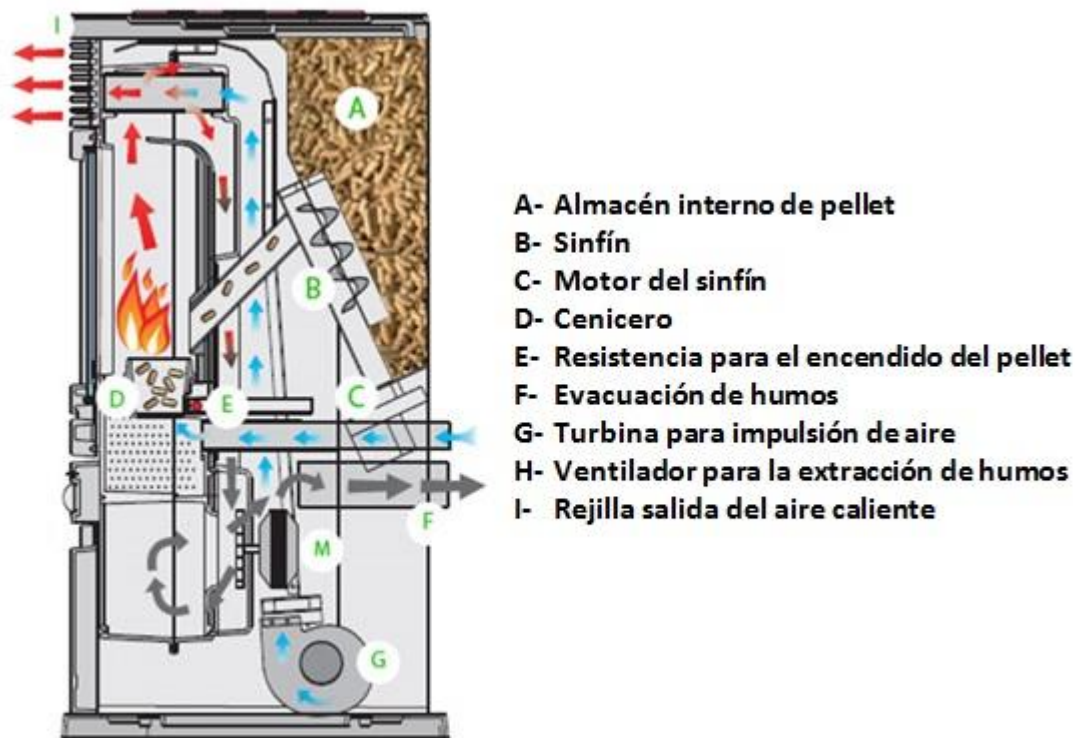
Las estufas a pellets funcionan de la siguiente manera:

La estufa tiene un depósito donde almacena los pellets, que se van reponiendo a medida que se consumen.

Cuando está en funcionamiento, un tornillo sinfín, los va trasladando desde el depósito, hasta el cenicero situado en la cámara de combustión. Las estufas de pellet, añaden por sí solas y de forma automática los pellets necesarios para funcionar. Cuando se enciende la resistencia (es necesaria una conexión eléctrica para el encendido), la estufa arranca la ventilación de la cámara de fuego y enciende los pellets.

6.4.2 Componentes de un Sistema de Energía de Biomasa

Una estufa en base al uso de pellets, internamente posee componentes importantes para su funcionamiento, tal como se observa en la siguiente Figura.



6.4.3 Tamaño de un Sistema de Energía de Biomasa para Romeral

A través de una opinión de un trabajador de la empresa Biomass, aconseja el uso de una estufa a pellet con una potencia de 8 KW. Donde la carga de pellets tiene una capacidad de 15 Kg, valor suficiente para abastecer de calor el hogar.

www.biomass.cl

ventas@biomass.cl

02 27831200

Gran Avenida 9626

SANTIAGO - CHILE



ESTUFA A PELLETT ARTEL CLASSIC M

ARTELGROUP

Disfrute de la más avanzada tecnología, diseño muy probado, finas terminaciones, alta calidad, seguridad, economía y confiable funcionamiento de la estufa ARTEL CLASSIC, una de las estufas mas instaladas y probadas de esta compañía.

Encendido y apagado programable hasta en dos periodos por día.

TERMOSTATO INCLUIDO, con modo economía al llegar a la temperatura impuesta.

Silencioso ventilador de convección de aire caliente.

5 niveles de potencia.



ITEM	
POTENCIA TOTAL GLOBAL	8.9 Kw
POTENCIA UTIL	8 Kw
SUPERFICIE A CALEFACCIONAR	140m2. Depende de posicionamiento y aislación de la casa.
COLORES DISPONIBLES	Negro, Burdeo, Blanca (confirmar disponibilidad en sitio web www.biomass.cl)
CONSUMO A MÁXIMA POTENCIA	1.7 kg / hora (307 \$ / hora)
CONSUMO AL MINIMA POTENCIA	0.6 kg / hora (115 \$ / hora)
TANQUE DE PELLETS	15 kg
AUTONOMIA DE FUNCIONAMIENTO	25 horas máximo
SALIDA GASES	80 mm (salida horizontal o vertical)
TOMA DE AIRE	50mm (posibilidad de toma de aire externa)
COMBUSTIBLE	Pellets de Madera de 6mm
DIMENSIONES	89 cm x 46 cm x 47 cm

90%
DE EFICIENCIA



Fuente: Biomass (2016)

CAPITULO 7. ESTUDIO DE COSTOS

Para efectos de cálculos y comprensión de los resultados será utilizado como unidad de cuenta el Dólar, para el estudio de costos y económico de esta evaluación. Se establecerá el valor promedio entre el mes de Enero y Junio del año 2016 con un monto de **\$690,16**.

Se usará el Dólar puesto que es común utilizarla para proyectos de energía de tipo residenciales.

7.1 Costos para Sistema Solar Fotovoltaico para generar electricidad

Dentro de los costos relevantes de este estudio, son los costos de inversión de los componentes principales para la instalación de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica para la generación de electricidad.

Existen dos casos a tratar, el primero consiste en el sistema que no requiere de baterías, pues la energía que generen los paneles solares fotovoltaicos se van directamente como excedentes a la red eléctrica, obedeciendo a los parámetros técnicos que rige la Ley 20.571 o de Net Billing.

El segundo caso consiste en un sistema que requiera del uso de baterías para acumular la energía que está siendo generada por los paneles solares fotovoltaicos y que no está siendo utilizada dentro del hogar.

Caso 1: Costos Sistema Fotovoltaico On Grid

7.1.1 Costos de Inversión Sistema On Grid

El valor de adquisición de los equipos que componen la inversión se detalla en la Tabla 15. Los precios relevantes incluyen el Impuesto al Valor Agregado (IVA), puesto que los usuarios son los consumidores finales.

- **Obra física**

La única obra física es la estructura de soporte que debe instalarse sobre la techumbre de cada hogar. El costo unitario es \$2980 (US\$4,32).

- **Costos de Equipos**

Tabla 15. Costos unitarios de equipos para Sistema Solar Fotovoltaico On-Grid.

Equipo	Vida útil (años)	Precio unitario (\$)	Precio unitario (US\$)
Panel Solar Fotovoltaico	20	128.000	185,46
Inversor	10	878.420	1.272,78
Medidor bidireccional	4	19.980	28,95
Caja de distribución	1	950	1,38

Fuente: Elaboración propia, a partir de cotizaciones de EkoSun y HELIPLAST (2016)

Tabla 16. Costos de equipos para un Sistema Solar Fotovoltaico On grid

Equipo	Cantidad	Inversión (\$)	Inversión(US\$)
Panel Solar Fotovoltaico	8	1.024.000	1483,71
Inversor	1	878.420	1272,78
Medidor bidireccional	1	19.980	28,95
Caja de distribución	1	950	1,38
	Total	1.923.350	2786,82

Fuente: Elaboración propia, en base a cotizaciones a EkoSun y HELIPLAST (2016)

- Costo de Instalación

Los Costos de instalación de acuerdo a lo establecido por el proveedor son de \$150.000 (US\$217,34). Este valor incluye las herramientas, equipos de seguridad y montaje por parte de la empresa proveedora de la instalación.

La inversión inicial total que se debe hacer para obtener un sistema de generación de electricidad, mediante un sistema on grid se resume en la Tabla 17. Cabe mencionar que para efectuar la instalación de un sistema on grid tal como lo establece la Ley 20.571, se debe pagar el valor de Autorización al SEC un total de \$20.000 (US\$28,98).

Tabla 17. Inversión total para un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica On Grid

Equipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Inversión total (\$)	Inversión total (US\$)
Panel Solar	8	128.000	1.024.000	1483,71
Inversor	1	878.420	878.420	1272,78
Medidor bidireccional	1	19.980	19.980	28,95
Caja de distribución	1	950	950	1,38
Soporte	1	2.980	2.980	4,32
Instalación	1	150.000	150.000	217,34
Autorización SEC	1	20.000	20.000	28,98
TOTAL			2.096.330	3.037,46

Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Costos Operacionales Sistema On Grid

La empresa Heliplast entrega los siguientes valores en mantenciones que realizan cada 5 años (hasta cumplir la vida útil del sistema) para que el sistema funcione de forma óptima durante el transcurso de su funcionamiento. Tabla 18.

Tabla 18. Costos Operacionales de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica On Grid

Item	Costo total (\$)	Costo total (US\$)
Mantenición	25.920	37,56
Supervisión	32.000	46,37
Insumos básicos	12.000	17,39
TOTAL	69.920	101,31

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Heliplast (2016)

Caso 2: Costos Sistema Fotovoltaico Off Grid

7.1.3 Costos de Inversión para Sistema Off Grid

Los costos de inversión para un sistema de generación de electricidad son todos aquellos que aportan a la generación de electricidad pero de forma autónoma, a diferencia de un sistema On Grid, este sistema necesita de baterías para su funcionamiento.

- Obras físicas

Al igual que el sistema de generación eléctrica On Grid, se necesita de una estructura de soporte para instalarla sobre la techumbre de cada vivienda. Por lo tanto, el valor de esta estructura es de \$2.980 (US\$4,32).

- Costos de Equipos

Tabla 19. Costo de inversiones de componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico Off Grid

Componentes	Vida útil (años)	Precio unitario (\$)	Precio unitario (US\$)
Panel Solar Fotovoltaico	20	128.000	185,46
Baterías	4-8	172.550	250,01
Inversor	10	878.420	1272,78
Regulador de carga	20	338.000	489,74

Fuente: Elaboración propia, en base a cotización a Heliplast (2016)

Tabla 20. Costo Total en equipo para un sistema solar fotovoltaico Off grid

Equipo	Cantidad	Costo Total (\$)	Costo Total (US\$)
Panel Solar Fotovoltaico	8	1.024.000	1483,71
Baterías	10	1.725.500	2500,14
Inversor	1	878.420	1272,78
Regulador de carga	1	338.000	489,74
	Total	3.965.920	5746,38

Fuente: Elaboración propia, en base a cotización a Heliplast (2016)

Respecto a las reinversiones, en un horizonte de 20 años existen requerimientos de baterías, inversores y reguladores de carga (se excluyen los paneles solares). La Tabla 20 muestra las estimaciones para el caso de las baterías, destacando su alto costo relativo si se las compara con el total de las inversiones y puesto que es uno de los componentes más importantes para el funcionamiento del sistema.

- **Costo de Instalación**

El costo de instalación, al igual que el primer caso, asciende a un valor de \$150.000 (US\$217,34). Este valor incluye las herramientas manuales, equipos de seguridad, traslado de equipo y montaje por parte de la empresa proveedora de la instalación.

Por lo tanto, la inversión inicial total que se debe hacer para instalar un sistema de energía solar fotovoltaico se resume en la Tabla.

Tabla 21. Inversión Total Sistema de Energía Solar Fotovoltaico Off Grid

Equipo	Inversión Total (\$)	Inversión Total (US\$)
Panel Solar	1.024.000	1483,71
Baterías	1.725.500	2500,14
Inversor	878.420	1272,78
Regulador de Carga	338.000	489,74
Estructura de Soporte	2.980	4,32
Instalación	150.000	217,34
TOTAL	4.118.900	5968,04

Fuente: Elaboración propia

7.1.4 Costos Operacionales Sistema Off Grid

Los costos son similares a los del caso 1, donde la empresa Heliplast entrega los valores de la Tabla 18 en mantenciones que realizan cada 5 años. Sin embargo, como el sistema es aislado, no es necesario que se realice una supervisión por parte de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Por esto, los costos operacionales para un sistema de energía solar fotovoltaica de tipo aislado son **\$37.920 (US\$54,94)**.

7.2 Costos para Sistema Eólico para Generación de Electricidad

En la Tabla 22, se muestra la inversión inicial necesaria para implementar un sistema Eólico para generar electricidad dentro de una vivienda normal. Todos los valores fueron cotizados a la empresa Heliplast, puesto que posee certificación de calidad norma ISO 9001-2008 para sus productos y servicios.

7.2.1 Costos de Inversión de Sistema de Energía Eólico.

Dentro de los costos de inversión están las obras físicas, que incluyen solamente el soporte que debe instalarse para sostener la turbina y los equipos correspondientes para el funcionamiento del sistema de generación eléctrica.

Tabla 22. Costos de inversión para un sistema eólico

Tipo de Inversión	Equipo	Vida útil (años)	Precio unitario (\$)	Precio unitario (US\$)
Costos de Equipos	Turbina Solar (Aerogenerador)	20	\$1.414.000	2048,80
	Batería	4-8	\$172.550	250,01
	Inversor	10	\$878.420	1272,78
	Regulador de carga	20	\$338.000	489,74
Obra Física	Soportes	5	\$362.945	525,89

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Heliplast

Tabla 23. Inversión total para Sistema de Energía Eólica para generar electricidad

Componentes	Cantidad	Inversión total (\$)	Inversión total (US\$)
Turbina Solar (Aerogenerador)	1	1.414.000	2048,80
Batería	4	690.200	1000,06
Inversor	1	878.420	1272,78
Regulador de carga	1	338.000	489,74
Soportes	1	362.945	525,89
Instalación	1	150.000	217,34
	Total	3.833.565	5554,60

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 23 muestra la inversión total que se debe realizar para la instalación de un sistema de energía eólica para generación eléctrica. Como se está evaluando un sistema aislado, se incluyen baterías, inversor y regulador de carga, además de la instalación que realiza la empresa proveedora.

7.2.2 Costos Operacionales Sistema Eólico

La empresa Heliplast entrega los siguientes valores en mantenciones que realizan cada 5 años (hasta cumplir la vida útil del sistema), al igual que el sistema de generación eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos.

Tabla 24. Costos Operacionales Sistema de Energía Eólico

Item	Costo Total (\$)	Costo Total (US\$)
Mantenición	25.920	37,56
Insumos básicos	12.000	17,39
Total	37.920	54,95

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Heliplast (2016)

7.3 Costos para Sistema Solar Térmico para generar Agua Caliente Sanitaria

En la Tabla 25, se muestra la inversión inicial en pesos Chilenos necesaria para implementar un sistema solar térmico, con el fin de ahorrar alrededor de un 80% (80% en periodo de lluvia y mayor nubosidad) en consumo por calentar agua sanitaria. Los datos fueron extraídos de NatEnergy, empresa de Talca y con certificación SEC para la instalación de este tipo de sistemas.

7.3.1 Costos de Inversión de Sistema de Energía Solar Térmica

- Costos de Equipos

Tabla 25. Costos de Equipos para un Sistema Térmico para generar ACS

	Cantidad	Inversión Total (\$)	Inversión Total (US\$)
Panel solar Heat Pipe con acumulador incorporado de 220 L y 24 tubos instalado	1	\$940.100	1362,15
Válvula mezcladora	1	INCLUIDO	-
Válvula temperatura/presión	1	INCLUIDO	-
Válvula antiretorno	1	INCLUIDO	-
Medidor de temperatura	1	INCLUIDO	-
Tuberías PPR	20 mts	INCLUIDO	-
Aislantes térmicos interiores y exteriores	20 mts	INCLUIDO	-
	TOTAL	940.100	1362,15

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos de cotización a NatEnergy.

La instalación del sistema está incluido dentro de la cotización que entregó NatEnergy.

7.3.2 Costos Operacionales para Sistema de Energía Solar Térmica

Se hará el supuesto de que el costo operacional para este sistema será equivalente al 2% del total de la inversión en equipos. Por lo tanto, el costo de operaciones equivale a **\$18.802 (US\$27,24)**. Este supuesto se hace debido a que la empresa no entrega detalles si es necesario una mantención a lo largo del funcionamiento del sistema para generar agua caliente, por ende se asume que se realiza una vez al año.

7.4 Costos para Sistema de Energía de Biomasa para calefacción

La inversión inicial necesaria para implementar un sistema de calefacción a biomasa (pellets de madera), es relativamente baja debido a que no se requiere de mucha calefacción, ya que la pérdida de calor dentro de una vivienda es escasa.

Para una estufa con las siguientes características:

- Potencia útil: 8KW
- Consumo a máxima potencia: 1,7 Kg/hora (307\$/hora)
- Tanque de Pellets: 15 Kg
- Autonomía de funcionamiento: 25 horas
- Eficiencia:90%

Los costos de inversión, se valoriza en la Tabla 26, datos entregados por la empresa Biomass.

7.4.1 Costos de Inversión para Sistema de Energía de Biomasa

Tabla 26. Costos de inversión para Sistema de Calefacción por Biomasa

	Inversión Total (\$)	Inversión Total (US\$)
TOTAL	1.280.970	1856,05

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que dentro de la inversión total establecida en la Tabla 26, está incluido el costo de instalación, el costo de equipamiento (estufa) y el combustible utilizado (pellet).

7.4.2 Costos Operacionales para Sistema de Energía de Biomasa

Puesto que la empresa proveedora no entrega información al respecto, se entrega el supuesto de que los costos operacionales respectivos para la implementación de este sistema de calefacción alcanzan el 2% del total de la inversión.

Tabla 27. Costos Operacionales para Sistema de Calefacción por Biomasa

	Costo Operacional (\$)	Costo Operacional (US\$)
TOTAL	25.619,4	37,12

Fuente. Elaboración propia

CAPITULO 8. EVALUACIÓN ECONÓMICA

8.1 Parámetros de evaluación

8.1.1 Periodo de estudio

Se eligió un horizonte de evaluación de **20 años**, debido a que ese es el plazo de vida útil de los paneles solares, colectores solares, inversores, transformadores de corriente; en síntesis todos aquellos equipos necesarios para la instalación de un sistema energético dentro de una casa.

8.1.2 Moneda de Evaluación

Para este proyecto se utilizará el dólar como moneda de evaluación, ya que es usual utilizar este tipo de moneda para cuantificar el monto de inversión total en este tipo de proyectos.

El valor referencial que será utilizado para la evaluación económica de este proyecto es de \$690,16 (valor promedio de 6 meses, año 2016). Este valor se puede ajustar a una fecha actual.

8.1.2 Tasa de descuento

De acuerdo a la Agencia Internacional de la Energía, la tasa de descuento para proyectos energéticos domiciliarios (eólicos, fotovoltaicos y térmicos) debe ser un **10%**.

8.2 Egresos

La inversión inicial es un egreso relacionado con la implementación física de un sistema de generación de energía, donde se incluyen todos los equipos necesarios para su funcionamiento. Todas estas inversiones fueron detalladas en el capítulo anterior de costos para cada tipo de sistema de energía. Ver Capítulo 7.

Una vivienda promedio tiene un consumo aproximado mensual de 165 KWh, y un gasto promedio que asciende al valor de \$19.800 mensuales.

Para el caso del sistema de energía fotovoltaica de tipo On Grid se debe considerar el monto a cancelar a la SEC para la autorización de la instalación (\$20.000).

8.3 Beneficio Económico

El beneficio de este proyecto será el ahorro que existe en la implementación de un sistema de energía perteneciente a las ERNC. Simplemente estará basado en la disminución del valor de las boletas de electricidad, agua potable y de combustible respectivamente.

Para el cálculo de beneficios a percibir se considera el consumo mensual de energía en una casa, consumo anual y el costo unitario por KWh de la fuente energética que se utilice (electricidad para el caso de energía solar fotovoltaica y energía eólica; combustible para el caso de energía solar térmica y de biomasa).

En síntesis, el beneficio económico será el equivalente a que $\text{Producción} = \text{Ahorro}$.

8.3.1 Beneficio Económico para Sistema de Energía Solar Fotovoltaico On Grid

El Beneficio económico de este sistema es el ahorro que es percibido por la producción de energía solar fotovoltaica corresponde al consumo anual de un hogar (2040 KWh) y el valor de \$120 por KWh. Dado que se espera que la producción de electricidad usando energía solar de tipo On Grid sea de un 25% del consumo, el beneficio anual esperado es el resultado entre el porcentaje del consumo anual y el valor por cada KWh.

Tabla 28. Beneficio Económico para Sistema Fotovoltaico On Grid

	\$	US\$
Beneficio Económico Total	61.200	88,68

Fuente: Elaboración propia

El beneficio estimado es de \$61.200 y se asume que el precio por KWh no varía a través del tiempo, por ende, el beneficio será el mismo para el resto de años en evaluación de este proyecto.

Además se debe considerar que se produce ahorro cuando el sistema de generación eléctrica solar tiene mayor producción de electricidad que de consumo, ya que se venden a la compañía eléctrica como excedente de energía.

8.3.2 Beneficio Económico para Sistema de Energía Solar Fotovoltaico Off Grid

El beneficio económico para un sistema de energía solar fotovoltaico aislado se calcula con la producción anual de energía eléctrica que producen los 8 paneles instalados, puesto que cada uno produce 130 W/día, el conjunto de paneles producen 374,4 KWh al año. Existe un ahorro económico.

Tabla 29. Beneficio Económico para Sistema Fotovoltaico Off Grid

	\$	US\$
Beneficio Económico Total	44.928	65,10

Fuente: Elaboración propia

Debido a la gran dimensión de inversión que se debe asumir para la instalación de este tipo de sistemas, el ahorro es mínimo en comparación a ese valor calculado.

8.3.3 Beneficio Económico para Sistema de Energía Solar Térmico

El beneficio que se obtiene al utilizar un Sistema de Generación de Agua Caliente es el ahorro que el jefe de hogar adquiere al dejar de pagar la cuenta de agua potable (el equivalente que se usa en agua caliente 30-50%) y el combustible que utiliza. En una vivienda del sector de Romeral viven 5 personas, donde el consumo promedio de agua caliente de cada uno es de 40 Litros al día. Se hace el supuesto de que el consumo por cada vivienda es igual durante todo el año (72.000 Litros) y que actualmente el suministro es la red pública y gas licuado. Además el precio de cada fuente energética se mantiene constante durante los años de evaluación.

Tabla 30. Beneficio Económico para Sistema de Energía Solar Térmico

	\$	US\$
Beneficio Económico Total	210.960	305,67

Fuente: Elaboración propia

8.3.4 Beneficio Económico para Sistema de Biomasa

El ahorro que se obtiene del uso de un Sistema de Calefacción a través de la biomasa, proviene del gasto que hace el jefe de hogar en combustible (gas licuado y/o leña) durante los meses de invierno para temperar la vivienda.

Los meses de invierno son Junio, Julio, Agosto y Septiembre. El gasto promedio de leña y gas licuado en invierno asciende a los \$52.542. Mientras que en el resto del año promedia \$33.847 aproximadamente.

Tabla 31. Beneficio Económico para Sistema de Biomasa

	Valor Anual (\$)	Valor Anual (US\$)
Beneficio Económico Total	52.542	76,13

Fuente: Elaboración propia

Flujo de Caja con Servicio a la Deuda

Para elaborar cada flujo de caja, se consideró adquirir la deuda en un banco. La simulación de un crédito se realizó de forma On-Line en el banco BBVA, puesto que la tasa de interés es más baja en comparación a otros bancos.

8.4 Cuadro Flujo de Caja

8.4.1 Energía Solar Fotovoltaica On Grid para uso de electricidad [\\$]

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
+ Ingreso (Beneficio)	0	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200	61200
- Egresos (Fijos o Variables)	0	69920	0	0	0	0	69920	0	0	0	0	69920	0	0	0	0	69920	0	0	0	0
- Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UAI	0	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200
- Impuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UDI	0	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200
+ Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= Flujo de caja operaciona	0	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200
- Inversión Inicial	2096330																				
+ Deuda	2100000																				
- Pago		710088	710088	710088	710088	710088															
= Flujo de caja Neto	3670	-718808	-648888	-648888	-648888	-648888	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200	-8720	61200	61200	61200	61200
VAN	\$-2.099.860,83																				
TIR	19576%																				

8.4.2 Energía Eólica para uso de electricidad (\$)

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
+ Ingreso (Beneficio)	0	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928
- Egresos (Fijos o Variables)	0	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920
- Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UAI	0	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008
- Impuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UDI	0	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008
+ Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= Flujo de caja operaciona	0	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008
- Inversión Inicial	3833565																				
+ Deuda	4200000																				
- Pago		1334796	1334796	1334796	1334796	1334796															
= Flujo de caja Neto	366435	-1327788	-1327788	-1327788	-1327788	-1327788	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008
VAN	\$-4.212.571,78																				
TIR	362%																				

8.4.3 Energía Solar Térmica para generar Agua Caliente

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
+ Ingreso (Beneficio)	0	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960	210960
- Egresos (Fijos o Variables)	0	18802	0	0	0	0	18802	0	0	0	0	18802	0	0	0	0	18802	0	0	0	0
- Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UAI	0	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960
- Impuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UDI	0	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960
+ Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= Flujo de caja operaciona	0	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960
- Inversión Inicial	940100																				
+ Deuda	900000																				
- Pago		200000	200000	200000	200000	200000															
= Flujo de caja Neto	-40100	-7842	10960	10960	10960	10960	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960	192158	210960	210960	210960	210960
VAN	\$872.160,21																				
TIR	58%																				

8.4.4 Energía de la Biomasa para obtener Calefacción

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
+ Ingreso (Beneficio)	0	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542	52542
- Egresos (Fijos o Variables)	0	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4	25619,4
- Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UAI	0	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6
- Impuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UDI	0	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6
+ Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= Flujo de caja operativa	0	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6	26922,6
- Inversión Inicial	1280970																				
+ Deuda	1300000																				
- Pago		256000	256000	256000	256000	256000															
= Flujo de caja Neto	19030	-229077	-229077	-229077	-229077	-229077	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923	26923
VAN		\$-656.549,22																			
TIR		1204%																			

8.4.5 Energía Solar Fotovoltaica Off Grid para generación de electricidad

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
+ Ingreso (Beneficio)	0	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928	44928
- Egresos (Fijos o Variables)	0	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920	37920
- Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UAI	0	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008
- Impuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= UDI	0	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008
+ Depreciación Legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= Flujo de caja operativa	0	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008
- Inversión Inicial	4118900																				
+ Deuda	4200000																				
- Pago		1334796	1334796	1334796	1334796	1334796															
= Flujo de caja Neto	81100	-1327788	-1327788	-1327788	-1327788	-1327788	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008
VAN	\$-4.471.967,24																				
TIR	1637%																				

8.3 Indicadores de Rentabilidad

Para tomar una decisión con respecto a adquirir o no una deuda para comenzar con el proyecto, es relevante mencionar dos tipos de indicadores de rentabilidad. El primero de ellos es el VAN (Valor Actual Neto), que refleja todos los flujos anuales y los lleva a un momento del presente. El segundo de ellos es la TIR (Tasa Interna de Retorno), quien refleja un porcentaje de retorno.

8.3.1 VAN y TIR para Sistema de Energía Solar Fotovoltaica On Grid

FCN con deuda	
VAN	TIR
\$-2.099.860	19576%

Como se observa, el VAN es negativo y la TIR arrojó un valor muy grande, esto quiere decir que a una tasa de descuento del 10% no es recomendable invertir en la implementación de un sistema de generación eléctrica On Grid. Sin embargo, existe incertidumbre ya que la tasa de retorno es muy grande, es por esto, que si es posible invertir por este tipo de proyecto, aceptando riesgos de inversión. El periodo de recuperación de la inversión se ve reflejado en el Año 7.

8.3.2 VAN y TIR para Sistema de Energía Solar Fotovoltaica Off Grid

FCN con deuda	
VAN	TIR
\$-4.471.967	1637%

El VAN para un sistema de generación eléctrica Off Grid (aislado) es negativo y la TIR es muy grande. Esto quiere decir que es riesgoso adquirir deuda. Además, se debe considerar que la inversión inicial es muy alta para que el jefe de hogar con un ingreso promedio mensual de \$300.000 pueda costear una inversión de esta envergadura. Por lo tanto, no es recomendable invertir un sistema de generación eléctrica aislada.

8.3.3 VAN y TIR para Sistema de Energía Eólica

FCN con deuda	
VAN	TIR
\$-4.212.572	362%

Como se observa, el VAN es negativo (-\$4.212.572) y la TIR arrojó un valor de 362%, esto quiere decir que a una tasa de descuento del 10% no es recomendable invertir en la implementación de un sistema de generación eléctrica en base a energía eólica. El periodo de recuperación de la inversión se ve reflejado en el Año 6.

8.3.4 VAN y TIR para Sistema de Energía Solar Térmica

FCN con deuda	
VAN	TIR
\$872.160	58%

Como se observa, el VAN es positivo y la TIR arrojó un valor positivo de 58%, esto quiere decir que a una tasa de descuento del 10% si es recomendable invertir en la implementación de un sistema de generación de Agua Caliente para la vivienda. Además, se observa que el periodo de recuperación de la inversión, se ve reflejado a partir del primer año de funcionamiento.

8.3.5 VAN y TIR para Sistema de Energía de Biomasa

FCN con deuda	
VAN	TIR
\$-656.549	1204%

Como se observa, el VAN es negativo y la TIR arrojó un valor muy grande, esto quiere decir que a una tasa de descuento del 10% no es recomendable invertir en un sistema de energía en base a biomasa (pellets) para calefacción. Sin embargo, existe incertidumbre ya que la tasa de retorno es muy grande, es por esto, que si es posible invertir por este tipo de proyecto, aceptando riesgos de inversión. El periodo de recuperación de la inversión se ve reflejado en el Año 6.

CAPITULO 9. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

9.1 Análisis de Sensibilidad para Sistema de Energía Solar Fotovoltaica

El análisis de sensibilidad consiste en determinar la rentabilidad del proyecto en un periodo determinado de tiempo al modificar ciertas variables, a través del porcentaje de cambio del valor actual neto (VAN). Se espera evaluar las diferentes alternativas propuestas para cada caso, con el fin de analizar si es rentable o no el proyecto bajo ciertas condiciones.

Para el análisis de sensibilidad solamente se considerará el aumentar o disminuir los costos asociados al proyecto (inversión inicial), así como también los indicadores VAN y TIR.

En la Tabla 32, se observa que a medida que aumenta la tasa de descuento, el VAN se acerca a cero, pero no logra llegar a la rentabilidad esperada (en el caso de un sistema eléctrico off grid) puesto que la inversión inicial es muy grande.

Tabla 32. Análisis de sensibilidad para indicador VAN

VAN	Tasa de descuento
-\$4.471.867	10%
-\$2.784.665	25%
-\$1.659.849	45%
-\$1.087.114	65%
-\$761.371	85%
-\$602.488	100%

Fuente: Elaboración propia

Si el beneficio aumenta a un 10%, 20%,50% y 80% y se mantiene constante durante el horizonte de evaluación. Se obtienen los resultados de la Tabla 33.

Tabla 33. Análisis de sensibilidad para indicador VAN y TIR

Porcentaje	Ingreso	VAN	TIR
10%	\$67.320	-\$2.052.194	17807 %
20%	\$74.052	-\$2.000.091	17639 %
50%	\$100.980	-\$1.791.679	16965 %
80%	\$114.444	-\$1.687.473	16629 %

Fuente: Elaboración propia

9.2 Análisis de Sensibilidad para Sistema de Energía Eólica

El análisis de sensibilidad para el sistema eólico se hace al aumento porcentual del ahorro obtenido a lo largo del periodo de evaluación. Además, se sensibilizan los costos de inversión. Ver Tabla 34 y 35.

Tabla 34. Análisis de sensibilidad del ingreso

Porcentaje	Ingreso	VAN	TIR
10%	\$49.420	-\$3.954.696	359 %
20%	\$53.914	-\$3.919.924	357 %
50%	\$67.392	-\$3.815.606	354%
80%	\$80.870	-\$3.711.289	350%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Análisis de los costos

Porcentaje	Inversión	VAN	TIR
10%	\$3.450.209	-\$3.640.963	174 %
20%	\$3.066.852	-\$3.292.457	113%
50%	\$1.916.783	-\$2.246.939	49%
80%	\$766.713	-\$1.201.421	25%

Fuente: Elaboración propia

9.3 Análisis de Sensibilidad para Sistema de Energía Solar Térmica

El Análisis de sensibilidad se realiza a la disminución porcentual de la inversión inicial que se realiza. Se hace el supuesto de que el porcentaje es lo que se reduce del gasto que debe hacer el jefe de hogar y lo que resta de la inversión provienen de entidades subsidiarias de energía. Esto se utilizará para el análisis de la variación porcentual de la inversión realizada para el proyecto de calefacción utilizando biomasa.

Tabla 36. Análisis de sensibilidad de los costos

Porcentaje	Inversión	VAN	TIR
10%	\$846.090	\$954.528	54 %
20%	\$752.080	\$1.039.991	27%
50%	\$470.050	\$1.054.540	40%
80%	\$188.020	\$1.423.826	107%

Fuente: Elaboración propia

9.4 Análisis de Sensibilidad para Sistema de Energía de Biomasa

Tabla 37. Análisis de sensibilidad de los costos

Porcentaje	Inversión	VAN	TIR
10%	\$1.152.873	-\$688.963	-2 %
20%	\$1.024.776	-\$572.511	-1%
50%	\$640.485	-\$223.156	4%
80%	\$256.194	\$126.199	17%

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Actualmente en Chile, debido al alza en gastos de cuentas eléctricas, compra de combustible, se prevé que es necesario un subsidio de energía hacia las viviendas que estén dispuestas a utilizar este tipo de energías limpias, como lo son las ERNC. Además porque ayudan a la descontaminación del medio ambiente, junto con obtener un ahorro económico a cada familia.

De acuerdo con los objetivos planteados en este proyecto, se pudo determinar que la demanda de electricidad, agua caliente y de calefacción es igual al consumo de cada una de ellas. Esta evaluación busca cubrir un porcentaje del consumo energético de cada vivienda con el fin de reducir los gastos económicos de cada familia, de modo de obtener que las ERNC sean capaces de cubrir en su totalidad de la demanda.

No existen las condiciones para implementar energía eólica debido a la baja velocidad del viento. Sin embargo, sería posible a mayor altura (225 m de altura), pero las casas se encuentran solo a 125 m aproximadamente. Por lo tanto, con las condiciones actuales no es rentable invertir en estas tecnologías.

No es factible utilizar la energía solar fotovoltaica Off Grid, aunque se deseaba satisfacer un porcentaje del total del consumo, debido al alto costo de inversión requerida para instalar esta tecnología. Sin embargo, si resulta viable invertir por un sistema de energía solar fotovoltaica conectado a la red eléctrica, puesto que se recupera la inversión realizada. El único factor a convenir es la cantidad de años que pueden pasar para recuperar dicha inversión.

Es factible implementar energía solar térmica para calentar agua sanitaria, ya que ésta permite ahorrar una gran cantidad de dinero y energía mensualmente (de un 80 a un 100 %, dependiendo de las condiciones meteorológicas), dado que disminuye el uso de gas licuado para calentar agua, y además, presenta un VAN positivo para todos los casos lo que hace rentable el proyecto.

En relación a la utilización de energía a partir de biomasa para calefacción (pellets de madera) es posible implementarlo, debido a que estos sistemas pueden funcionar durante todo el día (considerando meses de invierno), dejando de lado el uso de estufas eléctricas. Además, el gasto producido en pellets de madera es inferior al gasto producido por el uso de gas, presentando un VAN positivo.

Se puede concluir que con todo el proyecto realizado en este informe, existe factibilidad técnico y económica para su realización futura. Sin embargo, los costos para implementar un sistema de energía solar fotovoltaico siguen siendo altos. El objetivo de este proyecto no solo es disminuir costos de energía para cada hogar, si no que incentivar la eficiencia energética a la población, es decir, usar solo lo que es necesario y sin mal utilizar los recursos disponibles.

BIBLIOGRAFIA

- AccuWeather. (2015). *AccuWeather, Inc.* Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de AccuWeather, Inc.: <http://www.accuweather.com/es/cl/romeral/60148/weather-forecast/60148>
- AChEE. (2014). *Apendamos a ahorrar. Guía práctica de la buena energía.*
- Azócar, D. (2012). *Estudio de viabilidad técnica y económica de instalar energía eólica y energía termosolar en las viviendas de la ciudad de Puerto Montt.* Puerto Montt: Trabajo para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad Austral de Chile.
- BCN, B. d. (2014). *Ley 20.571.*
- Castillo, G., & Maldonado, P. (2004). *Situación de la Energía en Chile. Desafíos para la sustentabilidad.* Santiago.
- CDT, C. d. (2010). *Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial. Informe Final y Resumen Ejecutivo.*
- CDT, C. d. (2010). *Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso. Manual Técnico.*
- Chile Renovables. (2015). *Chile Renovables.* Recuperado el 11 de 2 de 2015, de www.chilerenovables.cl
- CIFES, C. N. (2016). *Reporte de Energías Renovables en el mercado eléctrico chileno.*
- CNE, C. N. (2009). *Las Energías Renovables No Convencionales en el mercado eléctrico chileno.*
- CNE, C. N. (2007). *Proyectos de Biomasa. Guía para evaluación ambiental ERNC.*
- Cuevas, F. (2009). *Regulación internacional sobre producción de electricidad mediante paneles fotovoltaicos.*

Elton M. (2015). *Estudio respecto a la orientación de paneles fotovoltaicos para una maximización económica de plantas de generación y su acoplamiento con el perfil de demanda.*

ENDESA, E. N. (2006). *Introducción a las Energías Renovables No Convencionales.*

Fundación Chile. (2015). *Estudio respecto a la orientación de paneles fotovoltaicos para una maximización económica de plantas de generación y su acoplamiento con el perfil de demanda.* Santiago de Chile.

IDAE. (2012). *Características de los combustibles para calefacción.*

INE. (2015). *Censo 2012.*

Manríquez, J. P. (2014). *Uso de Energías Renovables No Convencionales en los centros de salud primarios de la comuna de Talcahuano.* Concepción: Informe de Proyecto de título para optar al título de Ingeniero Civil Industrial.

Ministerio de Energía. (2015). Recuperado el 16 de Enero de 2016, de www.minenergia.cl

Ministerio de Energía. (24 de Enero de 2016). *Ministerio de Energía.* Recuperado el 24 de Enero de 2016, de Ministerio de Energía: www.energia.gob.cl

Ministerio de Energía. (2010). *Sistemas Solares Térmicos II. Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria.*

Ministerio del Medio Ambiente. (2013). *Futuro de la calefacción en Chile: Opciones y consecuencias.*

Mora, E. (2009). *Factibilidad de autoabastecimiento energético domiciliario por medio de energía fotovoltaica.*

Norma Técnica. (2009). *Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los sistemas solares térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N°20.365.* Santiago.

ODEPA, O. d. (2013). *Panorama de las ERNC.*

Oyarzún, R. (2013). *Estudio de prefactibilidad y análisis de alternativas para la cogeneración de energía eléctrica a través de ERNC a nivel residencial en la ciudad de Puerto Montt.*

Prado, C. (2008). *Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada.* San José, Costa Rica.: Seminario de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el grado de Bachiller en Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica.

Romero, N. (2011). *Consumo de energía a nivel residencial en Chile y análisis de eficiencia energética en calefacción.* Santiago: Universidad de Chile.

Rubilar, F. (2011). *Evaluación de dos sistemas solares de ACS, para el laboratorio de termofluidos.*

Sas, S. (2012). *Análisis económico energético de la biomasa lignocelulósica en Chile.* Santiago: Universidad de Chile.

SEC. (2016). *Genera tu propia energía.*

SEC. (2015). *Superintendencia de Electricidad y Combustibles.* Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de Superintendencia de Electricidad y Combustibles: www.sec.cl

Toledo, J. (2014). *Diseño de un plan de negocios para una organización proveedora de productos y servicios de energía eléctrica fotovoltaica.* Santiago: Universidad de Chile.

Toledo, J. (2014). *Diseño de un plan de negocios para una organización proveedora de productos y servicios de energía eléctrica fotovoltaica.* Santiago: Universidad de Chile.

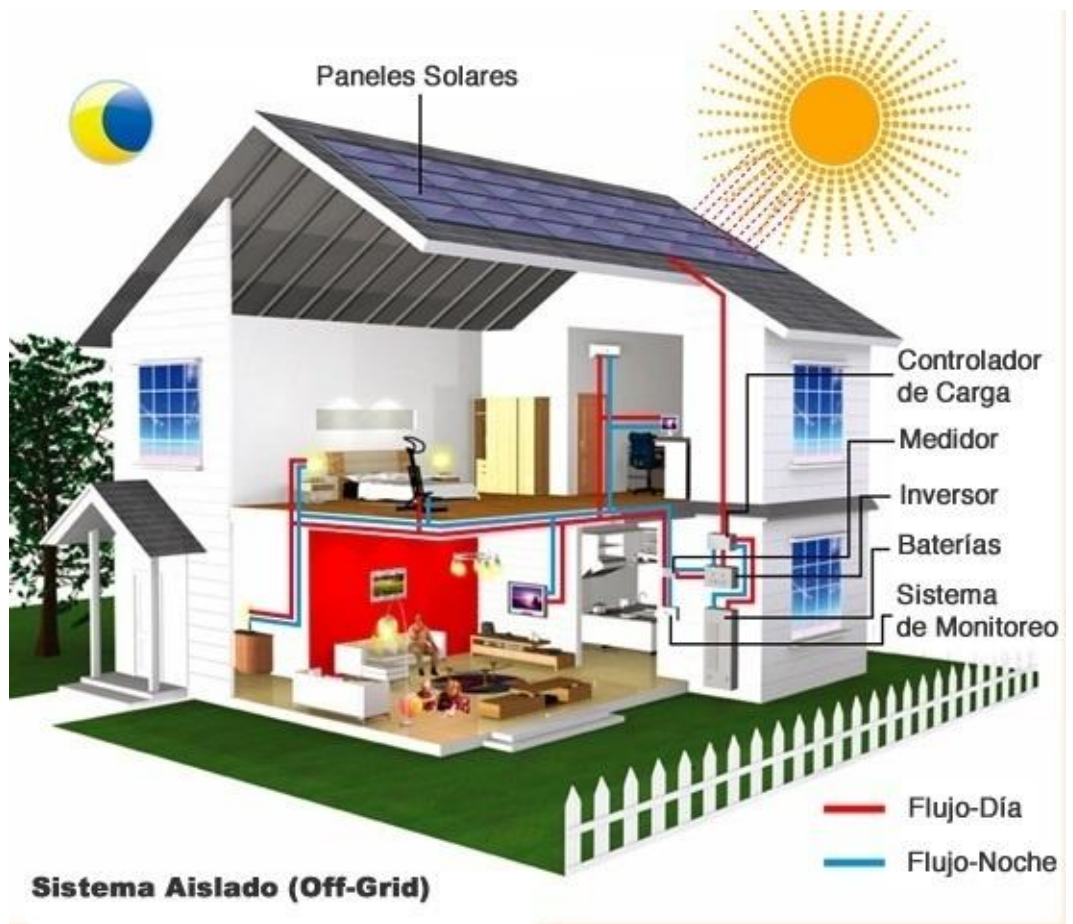
Linkografía

- www.acesol.cl
- www.gasenlinea.gob.cl
- www.chilerenovables.cl
- www.cne.cl
- www.minenergia.cl
- <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>
- www.sec.cl
- <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar/>
- <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>
- www.cgedistribucion.cl

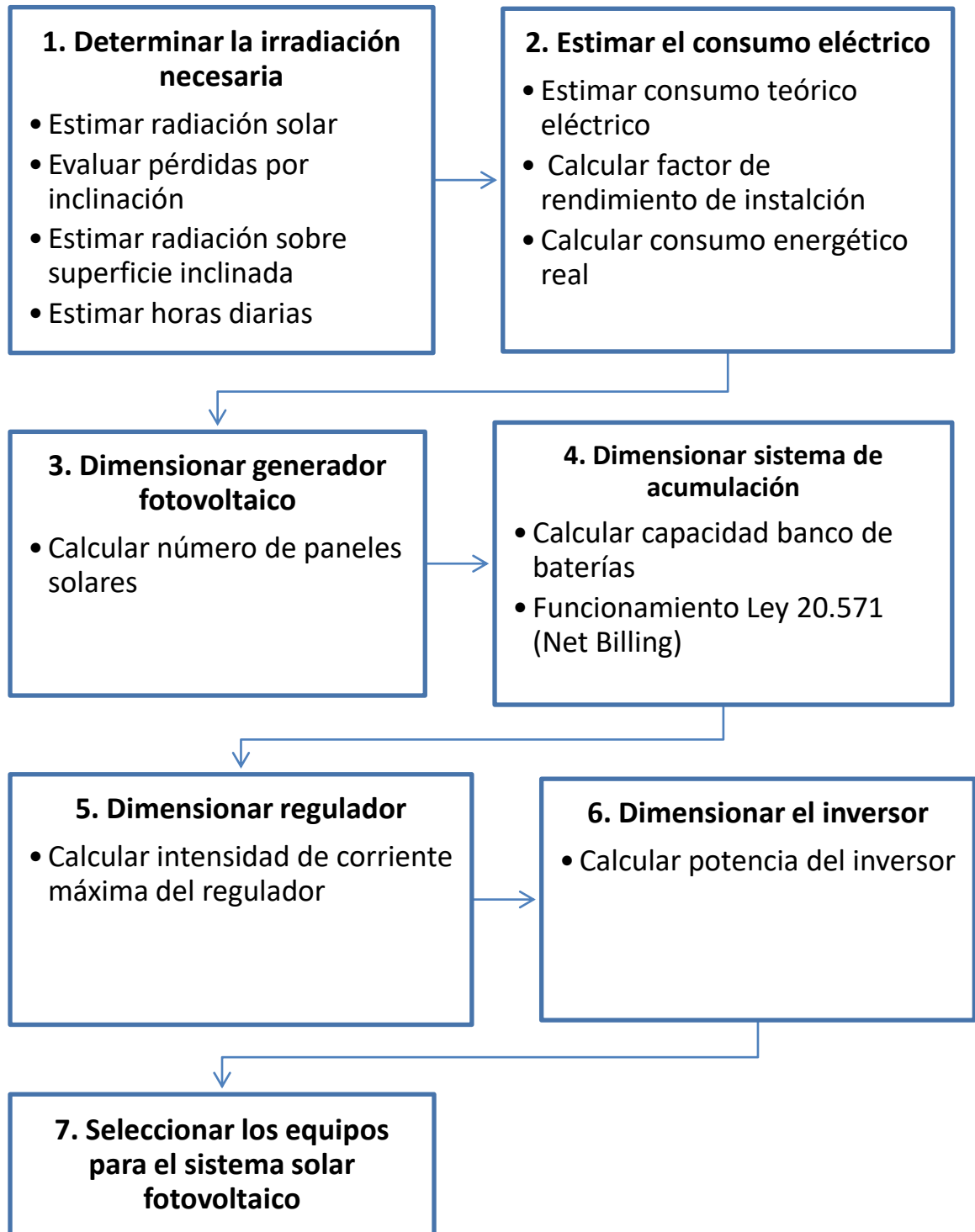
ANEXOS

Anexo 1

Energía Solar Fotovoltaica para generar electricidad



Metodología



1. Determinar la irradiación de la que se dispone.

a) Estimar la radiación solar en la zona de estudio.

Tabla 38. Radiación Solar Global promedio horizontal (kWh/m²/día) en Romeral

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
8,16	6,97	5,56	4,09	2,73	2,25	2,56	3,37	4,82	6,20	7,63	8,39

Fuente: Norma Técnica, 2009

De la Tabla 40 muestra la radiación solar diaria promedio para cada mes (kWh/m²/día) en la zona de emplazamiento de Romeral, la cual varía entre 2,25 a 8,39 kWh/m²/día, siendo Junio el mes más desfavorable. En promedio la radiación solar global horizontal anual es de **5, 21 [kWh/m²/día]**.

b) Evaluar las pérdidas por inclinación y orientación.

Los datos mínimos para la realización del diseño del sistema eléctrico en la comuna de Romeral son:

Latitud: 34°55'60"S Longitud: 71°19'0"O

Para determinar las pérdidas por inclinación y orientación, se deben estimar los valores de inclinación, el acimut de los paneles y verificar si estos están dentro de los límites indicados.

Se considerará una orientación hacia el Sur y la inclinación estará definida por las pérdidas en orientación e inclinación para Romeral, estos se calculan de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación establecida y ver si están dentro de los límites establecidos.

Los valores estimados son:

Acimut: 0°.

Inclinación: 35°.

Tabla 39. Límites aceptables por pérdidas de inclinación, orientación y sombra.

	Orientación e Inclinación (OI)
General	0,1

Fuente: Manríquez (2015)

De la Tabla 41 se puede observar que las pérdidas por orientación e inclinación son de un 10%, con este valor se determinarán los límites máximos y mínimos de inclinación de los paneles solares observando la Figura 14.

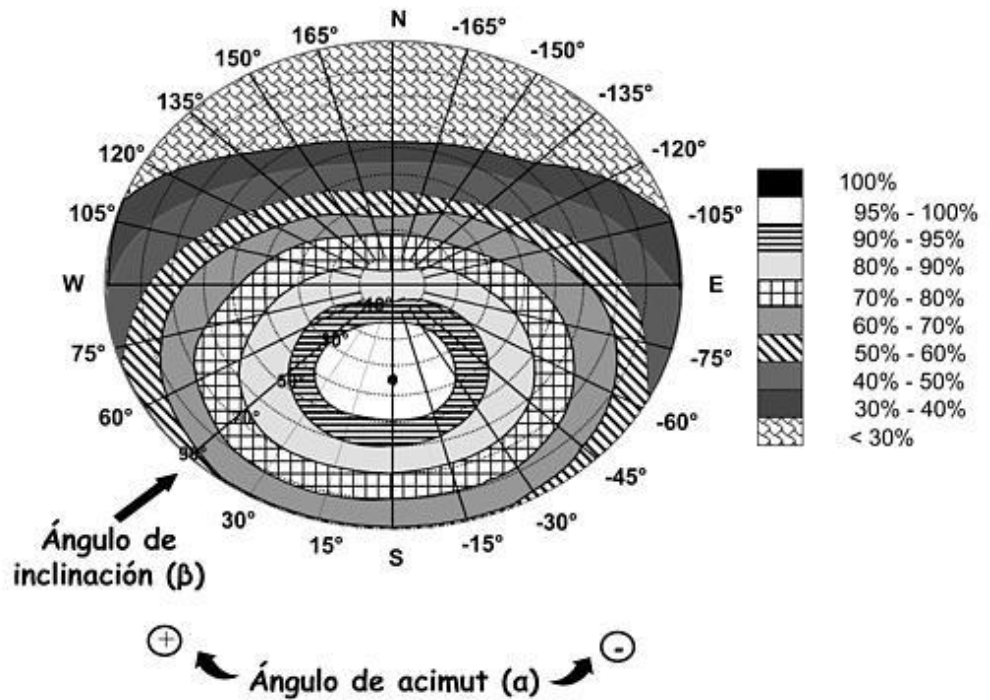


Figura 17. Pérdidas por orientación e inclinación para Romeral (Lat.=36°S).

Fuente: Manríquez (2015)

Inclinación Máxima : 50°

Inclinación Mínima : 5°

Debido a que el ángulo de inclinación propuesto (35°) se encuentra dentro de los límites permitidos, esto implica que la instalación cumple con los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

c) Estimar la radiación solar global efectiva sobre superficie inclinada.

Tabla 40. Radiación solar global horizontal e inclinada (kWh/m²/día) de Romeral

Mes	Radiación Solar Horizontal [kWh/m²/día]	Factor modificador de Radiación a plano inclinado (35°)	Radiación Global Plano Inclinado [kWh/m²/día]
Enero	8,16	0,91	7,43
Febrero	6,97	1,01	7,04
Marzo	5,56	1,17	6,51
Abril	4,09	1,38	5,64
Mayo	2,73	1,59	4,34
Junio	2,25	1,70	3,83
Julio	2,56	1,64	4,20
Agosto	3,37	1,45	4,89
Septiembre	4,82	1,23	5,93
Octubre	6,20	1,05	6,51
Noviembre	7,63	0,93	7,10
Diciembre	8,39	0,88	7,38

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de Norma Técnica (2009)

d) Estimar de las horas de Sol diarias (HSP).

Como ya se conoce el nivel de radiación a 35°, se necesita estimar las horas de sol diarias (Horas solares peak HSP), en base a un nivel de radiación estándar de 1 kW/m² (potencia correspondiente a un módulo fotovoltaico de radiación solar incidente).

Tabla 41. Horas solares diarias (h) para cada mes

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
14,2	13,3	12,3	11,2	10,3	9,85	10,0	10,8	11,8	12,9	13,9	14,4

Fuente: Elaboración propia, basado en datos extraídos de la NASA (2016)

2. Estimación del consumo eléctrico

a) Calcular el factor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica.

Para determinar el rendimiento global de la instalación fotovoltaica, debemos calcular las pérdidas asociadas al funcionamiento, considerando el consumo de los equipos propios de la instalación (inversor, baterías y etc.) (Manriquez, 2015).

Los valores utilizados para los cálculos son los siguientes, propuestos por Prado (2008):

K_b : 0,1 en sistemas con descargas profundas.

K_c : 0,05 para inversores de salida senoidal pura en condiciones óptimas.

K_v : 0,05 (pérdidas en conductores, efecto joule, etc.).

K_a : 0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido.

N : 3 días de autonomía de la instalación.

P_d : 0,7 de profundidad de descarga diaria de la batería.

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left[1 - \frac{K_a * N}{P_d} \right]$$

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,05) * \left[1 - \frac{0,005 * 3}{0,7} \right]$$

$$R = 0,783$$

El factor de rendimiento de la instalación del sistema fotovoltaico es de 0,783.

1) Calcular el consumo energético real

La ecuación dada para obtener el resultado el consumo energético real es la siguiente:

$$E_R = \frac{E_T}{R}$$

$$E_R = \frac{5,5 \left[\frac{kWh}{día} \right]}{0,783} = 7,02 \left[\frac{kWh}{día} \right]$$

Por lo tanto, el consumo energético real para el uso de electricidad dentro de un hogar estándar es de 7,02 [kWh/día].

3. Dimensionado del generador fotovoltaico (número de paneles necesarios).

a) Calcular el número de Paneles Solares.

Para determinar el número de paneles solares necesarios se consideró un modelo de panel fotovoltaico de potencia peak (W_p) de 130 Wp. Para ello, se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_P = \frac{E_R}{0,6 * W_p * HSP}$$

Donde cada factor toma los siguientes valores:

$$E_R: 7,02 \text{ [kWh/día]}$$

$$W_p: 0,13 \text{ [kW]}$$

$$HSP: 12 \text{ [h]}$$

$$N_p = \frac{7,02 \left[\frac{kWh}{día} \right]}{0,6 * 0,13 [kW] * 12 [h]}$$

$$N_p = 7,5$$

Para satisfacer la demanda del uso de electricidad en una casa común, se necesitan 8 paneles solares fotovoltaicos, cada uno con una potencia de 130 Wp.

Los paneles solares fotovoltaicos serán divididos en dos grupos, en el que cada grupo tiene 4 paneles conectados en paralelo, donde cada uno posee una corriente de 5 A y un voltaje de 12 V nominal. El diagrama de la conexión propuesta es el que se muestra en la Figura 18. Se puede observar que el circuito posee un voltaje de 24 V y una corriente de 20 A.

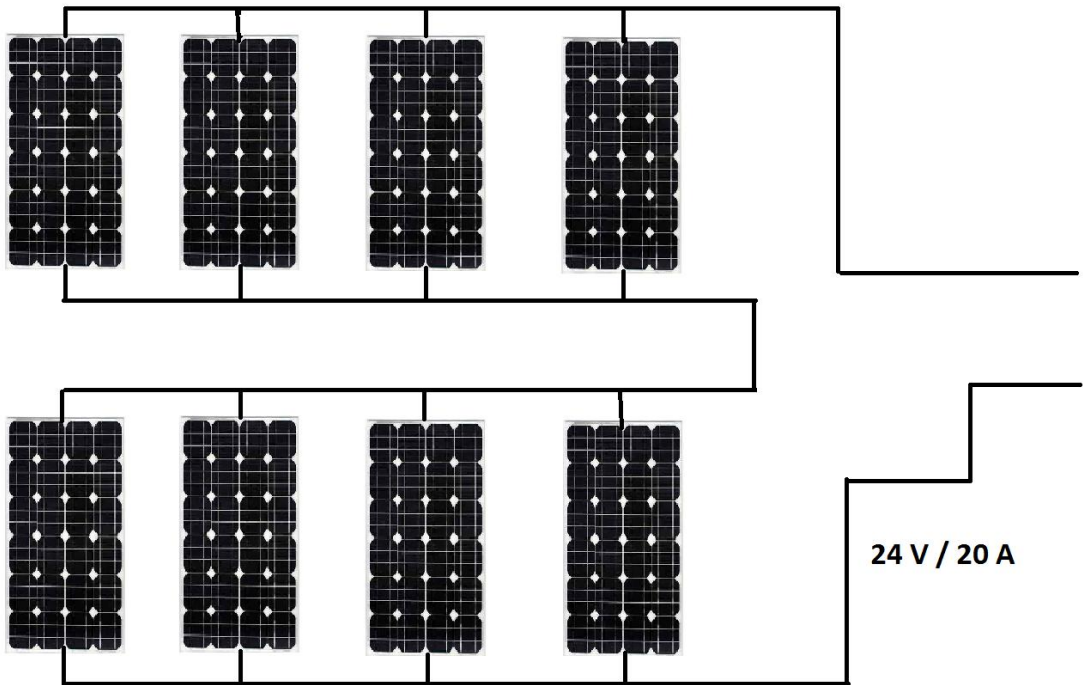


Figura 18. Diagrama de conexión de los paneles solares fotovoltaicos

Fuente: Elaboración propia.

4. Dimensionado del sistema de acumulación (número de baterías).

a) Calcular la capacidad del Banco de Baterías.

Para la acumulación de la energía generada por el sistema, se necesita calcular la capacidad del banco de baterías (C_{bat}). De la ecuación, de la capacidad del banco de baterías, al aplicar un voltaje nominal de la batería de 12 V, se obtiene:

$$C_{bat} = \frac{E * N}{V * P_d}$$

$$C_{bat} = \frac{7,02 * 3}{12 * 0,7}$$

$$C_{bat} = 2,51 \text{ kAh}$$

Por lo tanto, la capacidad del banco de baterías para la instalación fotovoltaica es de 2,51 kAh.

5. Dimensionado del regulador.

a) Calcular la intensidad de corriente máxima que deberá soportar el regulador.

Para la selección del regulador es necesario conocer la corriente máxima demandada, corriente producida por los 8 paneles solares fotovoltaicos, donde su máxima corriente alcanza los 20 A y un voltaje de 12 V.

6. Dimensionado del inversor.

a) Calcular la potencia instantánea máxima que deberá soportar el inversor.

Para la selección del inversor se necesita conocer la potencia máxima instantánea demandada en electricidad 5,5 kWh. Y por último, sumando el consumo extra de seguridad del 25%, se obtiene 6,88 kW. Por lo tanto, la potencia instantánea del inversor alcanza los 6880 W.

7 Seleccionar los Equipos

Como anteriormente se hicieron los cálculos, para conocer la cantidad de componentes necesarios en una instalación de sistema de energía solar fotovoltaico, se mencionan en la Tabla 44 la cotización realizada para cada elemento.

Tabla 42. Cotización componentes para un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica para generar electricidad

Componente	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)	Precio Total (UF)
Panel Solar	8	128.000	1.024.000	39,95
Inversor	1	878.420	878.420	34,27
Batería	10 (aproximadamente)	172.550	1.725.500	67,33
Regulador de carga	1	338.000	338.000	13,19
Soportes	4	362.945	1.451.780	56,65
		Total	5.417.700	211,39

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos de Heliplast y EkoSun

Características de los componentes de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico

Componente	Características
<p>Panel Solar Fotovoltaico</p> 	<p>Los paneles solares monocristalinos se caracterizan por tener mayor eficiencia, debido a que se fabrica con silicio de alta pureza.</p> <p>Eficiencia: 15%-20% Costo más alto Mejor rendimiento</p> <p>El panel debe ser monocristalino (8 paneles en total), con una potencia de 130 Wp.</p>
<p>Baterías</p> 	<p>Para almacenar la energía producida por los paneles es necesario el uso de baterías. El banco de baterías debe tener un voltaje nominal de 12 V.</p> <p>Las baterías adecuadas para su uso son del tipo NEWMAX GEL SG2000H de 220 A/h en 12 V made Corea, de la empresa Heliplast.</p>
<p>Inversor</p> 	<p>Inversor de voltaje 300W/12V-230VAC Onda Sinusoidal KFP-300S-12.</p>

Anexo 2

Energía Eólica para generar electricidad



Metodología

Determinar la velocidad del viento que dispone el sector en evaluación

Estimar la velocidad media del viento [m/s]

Estimar el potencial eólico disponible

1. Determinar la velocidad del viento de la que dispone el lugar.

a) Estimar la velocidad media del viento en la zona de estudio [m/s]

De acuerdo a las estimaciones realizadas por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, se estimó que en promedio la velocidad del viento en la comuna de Romeral es de 4,1 [m/s]. Tal cual como lo demuestra el histograma de la Figura 19.

Tabla 43. Velocidad del viento [m/s] para cada mes en Romeral

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4,9	3,9	3,6	3,3	3,2	5,2	4,7	3,7	3,9	4,1	4,5	4,2

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de U .de Chile

Velocidad del viento promedio = 4,1 [m/s]

La velocidad promedio del viento a lo largo del año es estable, sin embargo en el mes de mayo, es el más desfavorable, con un promedio de 3,2 [m/s]. Por lo tanto, se utiliza esto como criterio para ver las condiciones óptimas para instalar un sistema eólico en la situación más desfavorable.



Figura 19. Estimación del promedio mensual de la velocidad del viento [m/s]

Fuente: Explorador eólico de la Universidad de Chile

La Figura 18, detalla el promedio de la velocidad del viento a 95 m de altura, según la hora del día para cada mes del año.

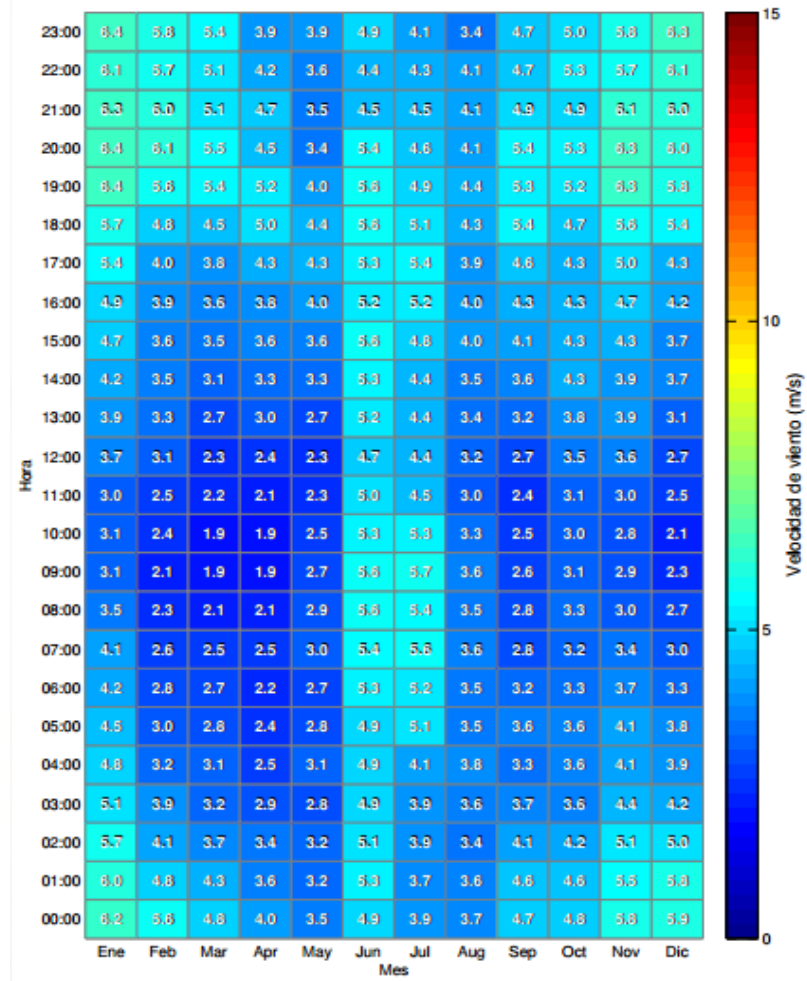


Figura 20. Velocidad del viento según la hora del día y el mes del año a 95 m de altura (m/s)

Fuente: Explorador eólico de la Universidad de Chile (2016)

2. Estimar potencial eólico disponible

Para determinar el potencial Eólico disponible de la zona de emplazamiento a partir del criterio del mes más desfavorable (Mayo), utilizando la ecuación de potencia por unidad de área, para ello necesitamos determinar:

- Parámetro de Weibull
- Factor de potencia eólica
- Densidad del aire

2.1 Parámetro de Weibull (k)

Se debe determinar el parámetro de Weibull (parámetro de forma), puesto que no se conoce la medición exacta de la variabilidad del viento en el lugar de estudio. Este parámetro es determinado en función de la velocidad media, para obtener su resultado se utiliza la siguiente ecuación:

$$k = 0,94 * \sqrt{v}$$

$$k = 0,94 * \sqrt{3,2}$$

$$k = 1,68$$

Por lo tanto, el factor de forma bajo condiciones de variabilidad de la velocidad del viento mediana es de 1,68.

2.2 Factor de Potencial Eólico

Para determinar el factor de potencia eólica, es necesario evaluar bajo la función Gamma en función de $(1+3/k)$ y $(1+1/k)$, para ello se determina a partir de la siguiente ecuación.

$$F_e = \frac{\langle v^3 \rangle}{\langle v \rangle^3} = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right)}{\Gamma^3\left(1 + \frac{1}{k}\right)}$$

$$F_e = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{3}{1,68}\right)}{\Gamma^3\left(1 + \frac{1}{1,68}\right)}$$

$$F_e = 1,95$$

El factor de potencia eólica para el mes crítico promedio mensual (Mayo) es de 1,95.

2.3 Densidad del aire

Para determinar la densidad del aire seco para la zona de emplazamiento a presión 1 atmósfera y temperatura dependiendo de cada mes.

Tabla 44. Densidad del Aire Seco para distintas temperaturas

Temperatura [°C]	5	10	15	20
Densidad [kg/m ³]	1,269	1,247	1,225	1,20

Fuente: Manríquez (2015)

De la Tabla 46, se determinará la densidad de aire seco a través de interpolación a partir de la temperatura promedio diaria del mes crítico (Mayo), para este caso se obtuvo una densidad de 1,243 kg/m³ a una temperatura promedio mensual de 11 °C.

Finalmente, para el cálculo del potencial eólico disponible por unidad de área en la zona de emplazamiento se determinó:

$$\frac{\langle P_d \rangle}{A} = \frac{1}{2} * \rho * F_e * (v)^3$$

$$\frac{\langle P_d \rangle}{A} = \frac{1}{2} * 1,243 * 1,95 * (3,2)^3$$

$$\frac{\langle P_d \rangle}{A} = 39,71 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Por lo tanto, el potencial eólico disponible por unidad de área para el mes crítico (Mayo) es de 39,71 W/m² (Como es inferior a 200 W/m² podemos decir que es muy deficiente).

Esto indica que Romeral no cuenta con las condiciones de velocidad del viento necesarias para instalar un sistema de generación de energía eólica, debido a que, al considerar el mes crítico (Mayo) la densidad de potencia que se generaría es muy baja inferior a 200 W/m².

Anexo 3

Energía Solar Térmica para generar Agua Caliente



Metodología

Calcular el consumo de Agua Caliente

Estimar la demanda energética del agua caliente sanitaria

Determinar la Radiación Solar del lugar en estudio

Calcular el número de colectores necesarios

Seleccionar los equipos para el Sistema de Agua Caliente

1. Calcular la potencia necesaria para Agua Caliente Sanitaria (ACS).

a) Estimar el consumo volumétrico diario de ACS.

Para conocer el consumo volumétrico de agua caliente, se debe conocer la cantidad de personas que utilizan este sistema. Para el cálculo, se tendrá en cuenta que son 5 personas las que habitan en una casa común, y considerando un consumo de 40 L/persona/día, tal como lo señala la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT).

Por lo tanto, el consumo volumétrico de Agua Caliente para una casa-habitación de Romeral, está dado por:

$$Q_{ACS} = 5 [personas] * 40 \left[\frac{L}{persona \text{ día}} \right]$$

$$Q_{ACS} = 200 \left[\frac{L}{día} \right] = 0,2 \left[\frac{m^3}{día} \right]$$

Al día, en una casa común se consume 0,2 m³ aproximadamente.

2. Determinar la demanda energética necesaria

a) Estimar la temperatura de agua de red para cada mes.

La temperatura media mensual del agua de red para la comuna de Romeral, se encuentra en la Tabla 47.

Tabla 45. Temperatura de Agua de Red Media Mensual y Media Anual [°C]

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic	Media Anual
T[°C]	14,4	12,7	12,7	10,3	8,4	6,9	6,9	7,8	8,9	10,8	12,3	15,3	10,6

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos de Norma Técnica (2009)

b) Calcular el salto térmico a cubrir.

Se debe definir cuál será la temperatura de acumulación, para calcular el salto térmico necesario. Se elige la temperatura más baja de agua de red para obtener el salto térmico necesario. Para ello, la temperatura de acumulación es de 50 °C, ya que es una temperatura agradable para realizar las actividades que necesitan agua caliente.

$$T[°C] = 50\text{ °C} - 6,9\text{ °C} = 43,1\text{ °C}$$

Por lo tanto, el salto térmico para una temperatura de acumulación de 50 °C, es de 43,1 °C.

c) Calcular la energía necesaria para cubrir el salto térmico.

Para obtener la energía necesaria para cubrir el salto térmico que se obtuvo en b, se necesita conocer la densidad del agua ($\rho=1000 \text{ Kg/m}^3$) y su calor específico ($C_p=4,186 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$, en condiciones normales de ambiente).

$$DE_{ACS} = Q_{ACS} * \rho * C_p * (T_{acum} - T_{amb})$$

$$DE_{ACS} = 0,2 [m^3] * 1000 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * 4,186 \left[\frac{kJ}{Kg} * ^\circ C \right] * 43,1 [^\circ C]$$

$$DE_{ACS} = 36.083,32 [KJ]$$

Por lo tanto, la energía necesaria para cubrir el salto térmico es de 36083,32 [KJ/día], al mes se necesitan 1.082.500 [KJ].

3. Determinar la irradiación de la que dispone

(Ver Anexo 1)

a) Determinar la intensidad útil (irradiancia) en un día medio.

La irradiancia se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$I_{\beta^\circ} = \frac{H_{e-\beta^\circ}}{t}$$

Donde $H_{e-\beta^\circ} = 3820 \left[\frac{Wh}{m^2 \text{ día}} \right]$

$$t = 8 \left[\frac{h}{\text{día}} \right]$$

$$I_{\beta^{\circ}} = \frac{3820 \left[\frac{Wh}{m^2 \text{ día}} \right]}{8 \left[\frac{h}{\text{día}} \right]} = 477,5 \text{ W/m}^2$$

4. Dimensionar los colectores (número de paneles necesarios)

a) Seleccionar tipo de colector solar.

Se seleccionará un colector de tubos de vacío Heat-Pipe, debido a que son un tipo de colector solar que se comporta de una forma más eficiente que otros tipos de colectores. El tipo de colector seleccionado posee una capacidad de acumulación de 200 L y una superficie unitaria de 3,2 m² aproximadamente.

Para determinar el rendimiento instantáneo es necesario determinar los parámetros de los colectores solares de tubos de vacío Heat-Pipe. (x y x²).

Parámetro x:

Para determinar el parámetro x, se consideró la temperatura ambiente del mes crítico, en este caso Julio que posee una temperatura promedio de 3,2 °C.

$$x = \frac{T_{acum} - T_{amb}}{I_{\beta}}$$

$$x = \frac{50 \text{ [}^{\circ}\text{C]} - 3,2 \text{ [}^{\circ}\text{C]}}{477,5 \left[\frac{W}{m^2} \right]}$$

$$x = 0,098 \left[\frac{^{\circ}\text{C} * m^2}{W} \right]$$

Parámetro x²:

$$x^2 = (0,098)^2 = 0,009 \left[\frac{^{\circ}\text{C} * m^2}{W} \right]^2$$

Rendimiento instantáneo:

Para determinar el rendimiento instantáneo se asumirá como:

- $a_1 = 1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- $a_2 = 0,028 \text{ (W/m}^2\text{K)}^2$.

- $n_0 = 0,8$

$$\eta = \eta_0 - a_1 * x + a_2 * x^2$$

$$\eta = 0,8 - (1,43 * 0,098) + (0,028 * 0,009) = 0,659$$

Es decir, el rendimiento de los tubos de vacío es de 66%, en el mes más desfavorable.

Ahora bien, se determina el aporte solar de un colector solar, mediante la siguiente fórmula:

$$A_S = H_{e-\beta} * \eta$$

$$A_S = 3820 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \text{ día}} \right] * 0,66 = 2521,2 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \text{ día}} \right]$$

Por lo tanto, el aporte solar producido por el colector es de 2521,2 Wh/m²día (2,52 KJ/m²día).

Para determinar la superficie unitaria de captación es necesario calcular la energía unitaria disponible:

$$E_{neta} = A_S * (1 - 0,25)$$

$$E_{neta} = 2521,2 * (1 - 0,25) = 1890,9 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \text{ día}} \right]$$

Por lo tanto, la energía unitaria disponible es de 1890,9 J/m²día.

Es por esto, que para una casa común es necesario tener un colector con una capacidad de 200 litros para abastecer el agua caliente que ocupan los residentes.

5. Seleccionar los Equipos para el Sistema agua caliente sanitaria.

Para un buen funcionamiento de un sistema de agua caliente para el hogar, se requiere de los siguientes componentes:

- Colector Solar
- Válvulas (solenoides, de seguridad, antiretorno y de 3 vías)
- Bomba de circulación
- Cañerías
- Estanque de expansión
- Acumulador

Tabla 46. Cotización de componentes para un sistema solar térmico para generar ACS

Componentes	Cantidad	Precio Total (\$)
Colector Solar 150 L (Termo solar atmosférico)	1	790.000
Válvula Solenoide Atmosférico TK-7	1	Se incluye
Válvula de 3 vías, ¾ pulg, inox, motorizada	1	Se incluye
Válvula de seguridad	1	Se incluye
Bomba de circulación de 32 mm	1	Se incluye
Tanque de expansión (20 L, Barem)	1	Se incluye
	Total	940.100

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos de NATenergy

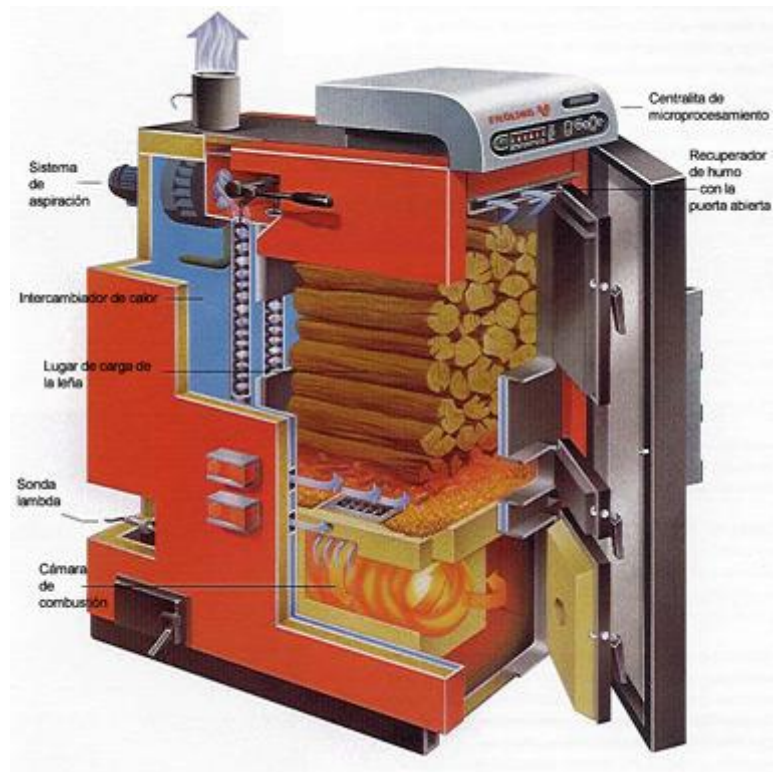


Figura 21. Colector solar Heat Pipe con acumulador incorporado de 150 L.

Fuente: NATenergy (2016)

Anexo 4

Energía de la Biomasa para Calefacción en una casa



Metodología

1. Estudio de Mercado del Sistema de Calefacción

2. Seleccionar tipo de biomasa

3. Seleccionar tipo de calefacción

4. Seleccionar Equipos de Sistema de Calefacción

1. Estudio de Mercado de Sistema de Energía de Biomasa

Para comenzar con este mercado, es necesario mencionar cómo se está caracterizando al consumidor final. Para esto, se consideran las siguientes variables: ingreso familiar, porcentaje del gasto con respecto a la compra de combustible.

Dentro del catastro que se realizó a 42 casas de un sector de Romeral, se logró encontrar como resultado que el gasto promedio en gas licuado (uno de las fuentes energéticas más utilizadas, abarcando un 92%) es de \$15.000 mensual. Esto ocurre en los meses de invierno, específicamente los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. Por ende el gasto anual por cada vivienda es de \$60.000.

- Mercado Proveedor

El proveedor debe ser nacional, dando prioridad para cotizar dos factores importantes: ubicación y precio. Por esto se elige Biomass con sucursal en la Séptima Región. Además incluye la instalación de la estufa, suministros de respuestos y de pellets.

1. Seleccionar tipo de Biomasa

En la actualidad existen diversos biocombustibles limpios utilizados en sistemas de climatización de viviendas, siendo los tipos de biomasa comerciales más comunes para los sistemas de calefacción: los pellets de madera, las astillas y la leña).

Puesto que es de fácil adquisición y posee innumerables propiedades ambientales, se evaluará el uso de calefacción utilizando como combustible, pellets. Tiene un alto poder calorífico, además de ser un producto altamente estandarizado internacionalmente.

El pellet es un combustible barato, pero a diferencia de la leña produce muchas menos emisiones contaminantes. Estos pequeños cilindros están compuestos de aserrín comprimido con muy baja humedad. Son cómodos y fáciles de usar, pero su costo de compra e instalación es superior al de otro tipo de calefactores. (Ministerio de Energía, 2016).

En la siguiente tabla se mencionan las características de cada tipo de Pellet.

	Tipos de pellet		
	Baja calidad	Estándar	Alta calidad
PCI (kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
PCI (kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Base húmeda (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad (kg/m ³)	< 1.000	1.000 – 1.400	> 1.120
Contenido en ceniza (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7*diámetro	< 50	< 5*diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4 - 10	< 8

Fuente: (Manríquez, 2014)

2. Seleccionar tipo de calefacción

Puesto que una vivienda no requiere de un equipo grande (como una caldera) para ayudar a calefactar el hogar en días de invierno. Se utilizará una estufa en base a pellets, con baja potencia.

Además para determinar el ahorro que surge al utilizar una estufa a pellets de madera, es necesario conocer cuánto se consume en calefacción actualmente.

¿Qué calefactor elegir para tu vivienda?

Para poder escoger un calefactor es importante considerar el tamaño de la vivienda, su aislación, tiempo de uso del calefactor y la potencia del equipo.

Estas recomendaciones ayudarán a tomar una decisión informada:

	Split calefactor	Leña	Pellets de madera	Parafina	Parafina tipo forcaia	Gas licuado	Gas licuado tipo forcaia	Electricidad	Gas natural
BAJAS EMISIONES CONTAMINANTES	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FUENTE DE ENERGÍA BARATA	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
PRECIO DE COMPRA BAJO	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗
BAJA CONTAMINACIÓN INTRADOMICILIARA	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓

<p>Departamento</p> <p>2 - 3 Dormitorios 60 - 90 m²</p>	<p>Casa 1</p> <p>1 - 2 Dormitorios 30 - 40 m²</p>	<p>Casa 2</p> <p>2 - 3 Dormitorios 60 - 80 m²</p>	<p>Casa 3</p> <p>3 - 4+ Dormitorios 80 - 120+ m²</p>
---	---	---	--

Caldefactor a tu medida

Prefiere siempre usar la calefacción central en tu edificio, exigiendo calderas de alta eficiencia para que los costos de todos no sean muy elevados. Si no hay calefacción central, lo más recomendable es instalar un split A/C calefactor, asegurándote de que sea de alta eficiencia (COP sobre 3). Solo si ventilas bien, podrías usar gas licuado o parafina

De preferencia, deberías instalar un split A/C calefactor o una estufa a pellets. Si prefieres pagar menos por un equipo, y solo si mantienes una buena ventilación, puedes usar gas licuado, parafina o leña. Si usas leña, que sea en un calefactor certificado por la SEC, con el tiraje abierto, y que sea leña seca. Si sientes frío con alguna de las alternativas, deberías revisar la aislación de la vivienda.

De preferencia, deberías instalar un split A/C calefactor o una estufa a pellets. Si prefieres pagar menos por un equipo, y solo si mantienes una buena ventilación, puedes usar gas licuado, parafina o leña. Si usas leña, que sea en un calefactor certificado por la SEC, con el tiraje abierto, y que sea leña seca. Prefiere comprar un equipo que tenga una potencia cercana a 6 kW (o 2 de menor tamaño), si sientes frío con esto, deberías revisar la aislación de tu vivienda.

Debido a que la necesidad de calefacción en estas casas es mayor, se recomienda comprar calefactores que gasten menos recursos, como los split A/C-calefactor de alta eficiencia o pellets. Si usas leña, que sea en un calefactor certificado por la SEC, con el tiraje abierto, y que sea leña seca. Además, si quieres calefactar toda la vivienda, podrías necesitar un equipo con una potencia sobre los 6 kW, o comprar más de un calefactor.

3. Seleccionar Equipos de Sistema de Calefacción

www.biomass.cl

ventas@biomass.cl

02 27831200

Gran Avenida 9626

SANTIAGO - CHILE



ESTUFA A PELLETT ARTEL CLASSIC M

ARTELGROUP

Disfrute de la más avanzada tecnología, diseño muy probado, finas terminaciones, alta calidad, seguridad, economía y confiable funcionamiento de la estufa ARTEL CLASSIC, una de las estufas mas instaladas y probadas de esta compañía.

Encendido y apagado programable hasta en dos periodos por día.

TERMOSTATO INCLUIDO, con modo economía al llegar a la temperatura impuesta.

Silencioso ventilador de convección de aire caliente.

5 niveles de potencia.



ITEM	
POTENCIA TOTAL GLOBAL	8.9 Kw
POTENCIA ÚTIL	8 Kw
SUPERFICIE A CALEFACCIONAR	140m ² . Depende de posicionamiento y aislación de la casa.
COLORES DISPONIBLES	Negro, Burdeo, Blanca (confirmar disponibilidad en sitio web www.biomass.cl)
CONSUMO A MÁXIMA POTENCIA	1.7 kg / hora (307 \$ / hora)
CONSUMO AL MÍNIMA POTENCIA	0.6 kg / hora (115 \$ / hora)
TANQUE DE PELLETS	16 kg
AUTONOMÍA DE FUNCIONAMIENTO	25 horas máximo
SALIDA GASES	80 mm (salida horizontal o vertical)
TOMA DE AIRE	50mm (posibilidad de toma de aire externa)
COMBUSTIBLE	Pellets de Madera de 6mm
DIMENSIONES	89 cm x 46 cm x 47 cm

90%
DE EFICIENCIA



2 kg de pellets tienen la misma energía que 1 litro de parafina. Y 2.4 kg de pellets tienen la misma energía de 1 kilogramo de gas licuado.

Anexo 5

Aspectos Legales y Cotizaciones

Tipo Norma	:Ley 20571
Fecha Publicación	:22-03-2012
Fecha Promulgación	:20-02-2012
Organismo	:MINISTERIO DE ENERGÍA
Título	:REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES
Tipo Versión	:Con Vigencia Diferida por Evento
De	:La presente ley entrará en vigencia una vez publicado el reglamento a que se refiere el Art. 149 bis, que el Nº 2 del Artículo único incorpora en el D.F.L. 4º, Economía, de 2007.
Inicio Vigencia	:La presente ley entrará en vigencia una vez publicado el reglamento a que se refiere el Art. 149 bis, que el Nº 2 del Artículo único incorpora en el D.F.L. 4º, Economía, de 2007.
URL	: http://www.leychile.cl/N?i=1038211&f=2222-02-02&p=

LEY NÚM. 20.571

REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES

Teniendo presente que el H. Congreso Nacional ha dado su aprobación al siguiente proyecto de ley que tuvo su origen en una Moción del Honorable Senador señor Antonio Horvath Kiss.

Proyecto de ley:

"Artículo único.- Introdúcense las siguientes modificaciones en el decreto con fuerza de ley N° 4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2007,

que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto con fuerza de ley Nº 1, del Ministerio de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, en materia de energía eléctrica:

1) Agrégase, en el inciso final del artículo 149, la siguiente oración final:

"No se aplicarán las disposiciones del presente inciso a aquellas instalaciones de generación que cumplan con las condiciones y características indicadas en el artículo 149 bis, en cuyo caso deberán regirse por las disposiciones establecidas en él."

2) Incorpóranse, como artículos 149 bis, 149 ter, 149 quáter y 149 quinquies, los siguientes:

"Artículo 149 bis.- Los usuarios finales sujetos a fijación de precios, que dispongan para su propio consumo de equipamiento de generación de energía eléctrica por medios renovables no convencionales o de instalaciones de cogeneración eficiente, tendrán derecho a inyectar la energía que de esta forma generen a la red de distribución a través de los respectivos empalmes.

Se entenderá por energías renovables no convencionales aquellas definidas como tales en la letra aa) del artículo 225 de la presente ley. Asimismo, se entenderá por instalaciones de cogeneración eficiente a aquellas definidas como tales en la letra ac) del mismo artículo.

Un reglamento determinará los requisitos que deberán cumplirse para conectar el medio de generación a las redes de distribución e inyectar los excedentes de energía a éstas. Asimismo, el reglamento contemplará las medidas que deberán adoptarse para los efectos de proteger la seguridad de las personas y de los bienes y la seguridad y continuidad del suministro; las especificaciones técnicas y de seguridad que deberá cumplir el equipamiento requerido para efectuar las inyecciones; el mecanismo para determinar los costos de las adecuaciones que deban realizarse a la red; y la capacidad instalada permitida por cada usuario final y por el conjunto de dichos usuarios en una misma red de distribución o en cierto sector de ésta.

La capacidad instalada a que se refiere el inciso anterior se determinará tomando en cuenta la seguridad operacional y la configuración de la red de distribución o de ciertos sectores de ésta, entre otros criterios que determine el reglamento. La capacidad instalada por cliente o usuario final no podrá superar los 100 kilowatts.

La concesionaria de servicio público de distribución deberá velar por que la habilitación de las instalaciones para inyectar los excedentes a la respectiva red de distribución, así como cualquier modificación realizada a las mismas que implique un cambio relevante en las magnitudes esperadas de inyección o en otras condiciones técnicas, cumpla con las exigencias establecidas por el reglamento. En caso alguno podrá la concesionaria de servicio público de distribución sujetar la habilitación o modificación de las instalaciones a exigencias distintas de las dispuestas por el reglamento o por la normativa vigente. Corresponderá a la Superintendencia fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el presente artículo y resolver fundadamente los reclamos y las controversias suscitadas entre la concesionaria de servicio público de distribución y los usuarios finales que hagan o quieran hacer uso del derecho de inyección de excedentes.

Las inyecciones de energía que se realicen en conformidad a lo dispuesto en el presente artículo serán valorizadas al precio que los concesionarios de servicio público de distribución traspasan a sus clientes regulados, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 158. Dicha valorización deberá incorporar, además, las menores pérdidas eléctricas de la concesionaria de servicio público de distribución asociadas a las inyecciones de energía señaladas, las cuales deberán valorizarse del mismo modo que las pérdidas medias a que se refiere el numeral 2 del artículo 182 y ser reconocidas junto a la valorización de estas inyecciones. El reglamento fijará los procedimientos para la valorización de las inyecciones realizadas por los medios de generación a que se refiere este artículo, cuando ellos se conecten en los sistemas señalados en el artículo 173.

Las inyecciones de energía valorizadas conforme al inciso precedente deberán ser descontadas de la facturación correspondiente al mes en el cual se realizaron dichas

inyecciones. De existir un remanente a favor del cliente, el mismo se imputará y descontará en la o las facturas subsiguientes. Los remanentes a que se refiere este artículo, deberán ser reajustados de acuerdo al índice de Precios del Consumidor, o el instrumento que lo reemplace, según las instrucciones que imparta la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Para efectos de la aplicación de lo establecido en este artículo las concesionarias de servicio público de distribución deberán disponer un contrato con las menciones mínimas establecidas por el reglamento, entre las que se deberán considerar, al menos, el equipamiento de generación del usuario final y sus características técnicas esenciales, la capacidad instalada de generación, la opción tarifaria, la propiedad del equipo medidor, el mecanismo de pago de los remanentes no descontados a que se refiere el artículo siguiente y su periodicidad, y demás conceptos básicos que establezca el reglamento.

Las obras adicionales y adecuaciones que sean necesarias para permitir la conexión y la inyección de excedentes de los medios de generación a que se refiere este artículo, deberán ser solventadas por cada propietario de tales instalaciones y no podrán significar costos adicionales a los demás clientes.

Artículo 149 ter.- Los remanentes de inyecciones de energía valorizados conforme a lo indicado en el artículo precedente que, transcurrido el plazo señalado en el contrato, no hayan podido ser descontados de las facturaciones correspondientes, deberán ser pagados al cliente por la concesionaria de servicio público de distribución respectiva. Para tales efectos, la concesionaria deberá remitir al titular un documento nominativo representativo de las obligaciones de dinero emanadas de las inyecciones no descontadas, salvo que el cliente haya optado por otro mecanismo de pago en el contrato respectivo.

El Servicio de Impuestos Internos establecerá mediante resolución, la forma y plazo en que las concesionarias deberán emitir las facturas a que se refiere el inciso precedente."

Artículo transitorio.- Esta ley entrará en vigencia una vez publicado el reglamento a que se refiere el artículo 149 bis.

Durante el período comprendido entre la fecha de publicación del reglamento del artículo 149 bis y hasta la entrada en vigencia de la fijación de tarifas del valor agregado de distribución correspondiente al cuatrienio 2012-2015, los clientes que deseen inyectar sus excedentes de energía a la red, de acuerdo a lo señalado en el artículo 149 bis, y para efectos del pago de sus retiros de energía y potencia, podrán seguir adscritos a la opción tarifaria contratada a esa fecha."

Y por cuanto he tenido a bien aprobarlo y sancionarlo; por tanto promúlguese y llévese a efecto como Ley de la República.

Santiago, 20 de febrero de 2012.- SEBASTIÁN PIÑERA ECHENIQUE, Presidente de la República.- Rodrigo Álvarez Zenteno, Ministro de Energía.- Felipe Larraín Bascuñán, Ministro de Hacienda.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento.- Saluda Atte. a Ud., Sergio del Campo F., Subsecretario de Energía.



19 Sur 1 1/2 Poniente N°710, Villa Santa Elvira
 Fono: 71/2313779
www.natenergy.cl
 correo:contacto@natenergy.cl
 At. Sr Paulina Quitral

COTIZACION

N° 121/ 2016

PROYECTO: PANEL SOLAR TERMICO PARA AGUA CALIENTE SANITARIA, ESTANQUE 220 LITROS ACUMULACION, CON INSTALACION

cantidad	descripcion	Valor Unitario	Sub Total	Total
1	Panel solar de Heat Pipe con acumulador incorporado de 220 lts y 24 tubos, instalado	\$ 840.000	\$ 840.000	\$ 840.000
1	Valvula mezcladora (se incluye)	\$ -	\$ -	\$ -
1	Valvula temperatura/presion (se incluye)	\$ -	\$ -	\$ -
1	Valvula antiretorno (se incluye)	\$ -	\$ -	\$ -
1	Medidor de temperatura (se incluye)	\$ -	\$ -	\$ -
Hasta 20 mts	tuberías PPR	\$ -	\$ -	\$ -
Hasta 20 mts	Aislantes termicos, interiores y exteriores	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL NETO				\$ 840.000
I.V.A.				159.600
TOTAL				\$ 999.600

Condiciones de venta:

Cotizacion valida por 30 dias

Condiciones de pago:

50% al comienzo de los trabajos

50% al termino de los trabajos

Sven Borje Karlsson
 Gerente General

Talca, 15 de diciembre de 2016



19 Sur 1 1/2 Poniente N°710, Villa Santa Elvira
 Fono: 71/2313779
www.natenergy.cl
 correo:contacto@natenergy.cl
 At. Sr Paulina Quitral

COTIZACION

N° 122/ 2016

PROYECTO: PANEL SOLAR TERMICO PARA AGUA CALIENTE SANITARIA, ESTANQUE 150 LITROS ACUMULACION, CON INSTALACION

cantidad	descripcion	Valor Unitario	Sub Total	Total
1	Panel solar de Heat Pipe con acumulador incorporado de 150 lts y 16 tubos, instalado	\$ 790.000	\$ 790.000	\$ 790.000
1	Valvula mezcladora (se incluye)	\$ -	\$ -	\$ -
1	Valvula temperatura/presion (se incluye)	\$ -	\$ -	\$ -
1	Valvula antiretorno (se incluye)	\$ -	\$ -	\$ -
1	Medidor de temperatura (se incluye)	\$ -	\$ -	\$ -
Hasta 20 mts	tuberías PPR	\$ -	\$ -	\$ -
Hasta 20 mts	Aislantes termicos, interiores y exteriores	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL NETO				\$ 790.000
I.V.A.				150.100
TOTAL				\$ 940.100

Condiciones de venta:

Cotizacion valida por 30 dias

Condiciones de pago:

50% al comienzo de los trabajos

Proveedores Séptima Región Ley 20.571 (SEC)

Christian Castillo Castillo	A	cristianddr@msn.com	no indica	VII
Guillermo Baltra	A	guillermo.baltra@globalaxis.cl	Global axxis	VII
Felipe Aguilera Moore	A	felipe.aguilera@tritec-energy.com	TRITEC	VII
Alexis Herrera Caceres	A	cace_a@hotmail.com	www.eactiva.cl	VII
José Osses Antunez	B	jrosses@gmail.com	no indica	VII
Juan Osses Cid	B	juanosescid@gmail.com	Vvest	VII

Simulación Financiamiento



Detalles Simulación Crédito de Consumo BBVA

Tipo de Crédito: Consumo **Tipo de tasa:** Tasa Fija

Condiciones

Valor Cuota: \$ 59.174 mensuales

Monto Solicitado:	\$ 2.100.000	Impuestos:	\$ 17.571
Plazo:	60 meses	Notario:	\$ 1.236
Tasa Interés Mensual:	1,71%	Seguros Asociados:	\$ 77.576
C.A.E.:	22,98%	Seguro de Desgravamen:	\$ 77.576
Fecha primer Pago:	13/2/2017	Seguro de Cesantía:	(No Solicitado)
		Monto Bruto del crédito:	\$ 2.196.383
		Costo total del crédito:	\$ 3.550.440



Detalles Simulación Crédito de Consumo BBVA

Tipo de Crédito: Consumo **Tipo de tasa:** Tasa Fija

Condiciones

Valor Cuota: \$ 111.233 mensuales

Monto Solicitado:	\$ 4.200.000	Impuestos:	\$ 35.132
Plazo:	60 meses	Notario:	\$ 1.236
Tasa Interés Mensual:	1,47%	Seguros Asociados:	\$ 155.107
C.A.E.:	19,98%	Seguro de Desgravamen:	\$ 155.107
Fecha primer Pago:	13/2/2017	Seguro de Cesantía:	(No Solicitado)
		Monto Bruto del crédito:	\$ 4.391.475
		Costo total del crédito:	\$ 6.673.980