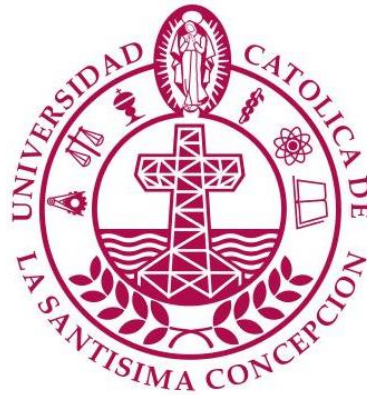


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA INSTALACIÓN
DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO ON-GRID, EN UNA VILLA DE LA
COMUNA DE RANCAGUA USANDO FINANCIAMIENTO TRIPARTITO”**

RODRIGO ESTEBAN PINO DELGADO

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

Profesor Guía: Dra. Alba Martínez Ruiz

Profesor Informante: Alberto Loosli Weason

CONCEPCIÓN, SEPTIEMBRE 2016

Resumen

Este Proyecto de Título presenta el estudio de factibilidad técnico y económica de la instalación de un sistema solar fotovoltaico residencial e individual para 310 casas ubicadas en una villa de la comuna de Rancagua. Este proyecto tiene como objetivo determinar la factibilidad técnico-económica de la instalación de un sistema de electricidad fotovoltaico On-Grid, que permita abastecer de electricidad a toda una villa de la comuna de Rancagua. Para el cumplimiento del objetivo planteado anteriormente, es vital y necesario la proposición de 3 objetivos específicos que colaboren en el desarrollo del objetivo general. El primer objetivo específico es determinar la demanda mínima necesaria de jefes de hogar que estén dispuestos a invertir un porcentaje del total de la instalación para que el proyecto sea rentable. El segundo objetivo es determinar los aspectos técnicos involucrados en la implementación de un sistema de generación de electricidad On-Grid, usando energía solar fotovoltaica. Para finalizar, determinar la rentabilidad económica de la implementación de un sistema de generación de electricidad On-Grid, utilizando financiamiento tripartito, aporte público, aporte privado y del jefe de hogar.

Actualmente en Chile solo existen proyectos solares residenciales que contribuyen al ahorro en el calentamiento de agua y no en el ahorro de la electricidad. Es por lo anterior, que este proyecto busca el ahorro en las boletas mensuales de electricidad para cada hogar que esté dispuesto a instalar un sistema solar de generación de electricidad. Del mismo modo, uno de los aspectos nuevos más relevantes a evaluar en este proyecto, es la búsqueda de un financiamiento tripartito. Este, consiste en buscar financiamiento proveniente de tres partes. Estos serán Codelco, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, y el propio jefe de hogar. Todo lo anterior, se complementa con la Ley 20.571 o Ley del Net-Metering, ley que permite entregar un subsidio económico a hogares que generen su propia electricidad mediante el uso de Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

Para llevar a cabo todo este proyecto se utiliza una metodología basada en el libro de Preparación y Evaluación de Proyectos de los hermanos Sapag. Esta metodología consiste en realizar tres estudios. Estos estudios son: estudio de mercado, estudio técnico y estudio económico-financiero. Para finalizar se tiene como resultado principal que la demanda es igual al consumo, y que todo lo consumido es cubierto por la principal oferente. Además, del total de jefes de hogar de la villa en estudio, solo 120 participan en el levantamiento de información. Así mismo, todos ellos están dispuestos a realizar cambios estructurales en sus hogares para una futura instalación. Económicamente, este proyecto solo es factible si se realiza con el financiamiento tripartito, ya que de lo contrario, el monto de inversión inicial se eleva demasiado y no resulta atractivo para el jefe de hogar. En efecto, el monto promedio de aporte del jefe de hogar, bajo la inversión tripartita, asciende a \$174.000 aproximadamente, con un VAN siempre positivo y una TIR superior a la tasa de descuento. Así mismo, sigue siendo rentable tanto para la familia con menor y mayor consumo

De ser factible, se espera lograr un impacto ambiental y social en la comuna de Rancagua, logrando un cambio en los hábitos del consumidor, y por sobre todo ser la comuna pionera en este tipo de proyectos.

Abstract

This Project title presents the study of technical and economic feasibility of installing a residential and individual solar PV system to 310 homes located in a village in the town of Rancagua. This project has as objective to determine the technical and economic feasibility of installing a photovoltaic electricity system on-grid, allowing supply electricity to an entire village in the town of Rancagua. To fulfill the objective raised above, is vital and necessary the proposal of three specific objectives assist in the development of the overall objective. The first specific objective is to determine the necessary minimum demand of heads of household who are willing to invest a percentage of the total facility to make the project profitable. The second objective is to determine the technicalities involved in implementing a electricity generation system On-grid, using photovoltaics solar energy. Finally, determine the economic viability of implementing a electricity generation system On-grid, using tripartite financing, public input, private contributions and the head of household.

Currently in Chile there are only residential solar projects that contribute to savings on heating water and not on saving electricity. It is for this, that this project seeks savings in monthly electricity bills for each home that is ready to install a electricity generation solar system. Similarly, one of the new aspects most important in this project to evaluate, is seeking a tripartite financing. This is to seek funding in three parts. These are Codelco, the Ministry of Housing and Urban Development, and the head of household. All this is complemented by Law 20,571 or Net-Metering Law, a law that allows us to deliver an economic subsidy to households that generate their own electricity by using Non-Conventional Renewable Energies (NCRE).

To accomplish all this Project a methodology based on the book of Preparation and Evaluation of Sapag brothers used. This methodology is to conduct three studies. These studies include: market study, technical study and economic-financial study. It aims to end

result, that demand is equal to consumption, and consumed everything is covered by the main offerer. Also, that the total number of householders of the village under study, only 120 involved in gathering information. Also, all of them are willing to make structural changes in their homes for a future intallation. Economically, this proyect is only feasible if done with the tripartite financing, since otherwise, the initial investment amount is too high and does not appeal to the householder. Actually, the average amount of contribution of the household head, under the tripartite investment amounts to approximately \$ 174,000, with an always positive NPV and an IRR above the discount rate. It also remains profitable for both the family with lower and higher consumption.

If feasible, it expects to achieve an environmental and social impact in the town of Rancagua, achieving a change in consumer habits, and above all be the town pioneer in this type of projects.

Agradecimientos

Al comienzo de esta aventura todo parecía lejano, años interminables y pruebas cada vez más complicadas, hacían ver todo cuesta arriba, pero gracias a Dios y a una enorme cantidad de personas que siempre me apoyaron, todo resulto mejor de lo que esperaba.

Quisiera partir agradeciendo a Dios por las enormes bendiciones brindadas, por la gran cantidad de oportunidades y desafíos que puso en mi camino, camino que sin él me hubiese sido difícil de recorrer hasta este punto, y que sé me acompañará en el que sigue.

A mis padres que siempre creyeron que podía lograrlo, que confiaron en mí sin dudar un solo momento y me apoyaron incondicionalmente. Gracias por todos los valores entregados y por darme la oportunidad de ser un profesional, pero por sobre todo, una buena persona. También agradezco a mis hermanos, quienes de una u otra forma me ayudaban desde la distancia.

A mis abuelos, que fueron mis segundos padres, y que estuvieron conmigo desde mi nacimiento. Soy lo que soy, en gran parte por ellos.

Un saludo especial a mi tía Mara, Marcela y tío Juan, que de igual manera fueron parte de este difícil proceso.

A Paola, mi novia que me acompaña desde hace poco más de cinco años, quien siempre me ha apoyado incondicionalmente y ha creído firmemente en mí, y que a pesar de las dificultades siempre estuvo y está alentándome a seguir avanzando.

A mis compañeros y amigos, con quienes compartí todos estos años y que sin duda nos sirvieron para conocer grandes personas.

Agradecer igualmente a mi profesora guía, Alba Martínez, que desde el comienzo con el Anteproyecto de Título me ha apoyado y guiado en este largo camino.

A la empresa Coca-Cola y a mis compañeros de trabajo, quienes confiaron en mi desempeño y me brindaron la oportunidad de realizar mi práctica dentro de la organización, estando siempre atentos y colaborando para el rápido desarrollo de esta.

Y a toda la gente que en algún momento me tendió la mano, les agradezco inmensamente la voluntad de oro que tuvieron conmigo.

EN MEMORIA DE LA NEGRA.

Índice de contenidos

Capítulo 1	1
1 Introducción.....	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 Justificación de la propuesta	4
1.3 Delimitación del problema	7
1.4 Metodología.....	8
Capítulo 2	10
2 Marco teórico	10
Capítulo 3	18
3 Estudio de mercado.....	18
3.1 Mercado consumidor	18
3.2 Mercado competidor	21
3.3 Mercado sustituto	22
3.4 Determinación de la brecha de demanda.	23
3.4.1 Cuantificación de la demanda	23
3.4.2 Cuantificación de la oferta.	27
3.4.3 Brecha de demanda.....	28
3.5 Mercado proveedor.....	29
3.5.1 Proveedor nacional	30
3.5.2 Elección de proveedor	32
Capítulo 4	35
4 Estudio técnico	35
4.1 Aspectos del consumo del hogar	36
4.2 Aspectos técnicos del sistema FV	40

4.2.1	Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica para la generación de electricidad en un sistema On-grid.	40
4.2.2	Capacidad productiva de un sistema solar fotovoltaico On-grid	46
4.2.3	Necesidades de equipos y maquinarias.....	51
4.2.4	Necesidades de personal	52
4.3	Techumbre del lugar de instalación.....	53
4.4	Diagrama de Ley 20.571	56
Capítulo 5		57
5	Estudio económico y financiero	57
5.1	Estudio económico.....	58
5.1.1	Horizonte de tiempo y extensión de los periodos.....	58
5.1.2	Moneda de evaluación.	58
5.1.3	Valorización económica de la inversión del proyecto.	59
5.2	Estudio financiero.....	64
5.2.1	Flujo de caja neto con servicio de deuda.	65
5.2.2	Flujo de caja neto sin servicio de deuda.	67
5.3	Indicadores de rentabilidad	69
5.3.1	Análisis de sensibilidad.....	70
Capítulo 6		72
Conclusión.....		72
7	Referencias	75
8	Anexos	77

Índice de figuras

Figura 2 1. Generación de energía solar fotovoltaica y la proyección por región.	11
Figura 3 1. Disponibilidad de participación en el proyecto.	19
Figura 3 2. Consumo familiar anual durante los años 2002-2014 y el pronóstico para 4 años.	26
Figura 3 3. Consumo promedio mensual familiar durante los años 2002-2014 y el pronóstico para 4 años.	26
Figura 4 1. Tipo de iluminación en cada hogar de una villa de Rancagua.	37
Figura 4 2. Cantidad Promedio de tipo de ampolletas en un hogar según su tipo.	37
Figura 4 3. Porcentaje de hogares que dedican consumo a artefactos electrónicos y a iluminación.	38
Figura 4 4. Consumo promedio mensual de un hogar durante los meses Junio 2014-Julio 2015.	39
Figura 4 5. Esquema de funcionamiento de energía solar fotovoltaica.	40
Figura 4 6. Celdas fotovoltaicas de Silicio.	41
Figura 4 7. Celdas fotovoltaicas de Silicio Monocristalino y Policristalino.	41
Figura 4 8. Celdas fotovoltaicas de Silicio Amorfo.	42
Figura 4 9. Imagen referencial de un panel solar fotovoltaico.	43
Figura 4 10. Imagen referencial de un inversor de corriente de 500 Watts.	44
Figura 4 11. Imagen referencial de un medidor bidireccional.	44
Figura 4 12. Ejemplo de balance mensual (Consumo mayor a producción).	45
Figura 4 13. Ejemplo de balance mensual (Producción mayor a consumo).	46
Figura 4 14. Promedio de Irradiación Mensual para la Sexta Región (KWh/m ²)	47
Figura 4 15. Tipo de techumbre en los hogares.	53
Figura 4 16. Techumbre de material PIZARREÑO.	54
Figura 4 17. Techumbre de material ZINC.	54
Figura 4 18. Diagrama proceso de conexión Ley 20.571.	56

Índice de tablas

Tabla 3. 1 Datos principales del consumidor.	20
Tabla 3. 2 Consumo mensual de electricidad por familia.	24
Tabla 3. 3 Consumo per cápita y familiar durante los años 2002-2014.	24
Tabla 3. 4 Pronóstico de consumo per cápita y familiar, anual y promedio mensual.	25
Tabla 3. 5 Proveedores certificados en RM y Sexta Región.	31
Tabla 3. 6 Resultado análisis cualitativo por puntos proveedor nacional.	33
Tabla 4. 1 Irradiación global anual y mensual de la Sexta Región (KWh/m2).....	47
Tabla 4. 2 Irradiación mensual para la ciudad de Rancagua.	48
Tabla 4. 3 Irradiación mensual para la ciudad de Rancagua incluyendo pérdidas.	48
Tabla 4. 4 Horas solares pico diarias por mes en la ciudad de Rancagua.	48
Tabla 4. 5 Número de paneles por hogar.	50
Tabla 4. 6 Cantidad total de equipos para el proyecto.	51
Tabla 4. 7 Marca y modelo de equipos necesarios en la instalación.	51
Tabla 4. 8 Personal para la instalación del proyecto.....	52
Tabla 5. 1 Costo de obras físicas.	59
Tabla 5. 2 Costo de equipos.	60
Tabla 5. 3 Costo de instalación por hogar.	60
Tabla 5. 4 Monto total inversión 120 hogares.	61
Tabla 5. 5 Beneficios estimados a percibir.	62
Tabla 5. 6 Inversión inicial de un hogar promedio.	63
Tabla 5. 7 Flujo de caja neto con servicio a la deuda.	66
Tabla 5. 8 Flujo de caja neto sin servicio a la deuda.	67
Tabla 5. 9 Análisis de sensibilidad para FCN.	68
Tabla 5. 10 Resumen indicadores de rentabilidad.	69
Tabla 5. 11 Análisis de sensibilidad para indicadores VAN.	70
Tabla 5. 12 Análisis de sensibilidad para indicador VAN y TIR.	71

Capítulo 1

1 Introducción

Actualmente, el mundo entero está sufriendo por una crisis energética, y es por esto que las ERNC son una de las principales soluciones ante tan drástico problema. Según la IEA, Chile, es uno de los países con un alto potencial para el uso de este tipo de energías, las energías del futuro dentro de Sudamérica.

Es en este contexto, y de manera de aprovechar el potencial que tiene nuestro país, es que este proyecto busca determinar la factibilidad tanto técnica como económica de la instalación de un sistema de generación de electricidad On-grid, en una villa de la comuna de Rancagua.

La comuna elegida, Rancagua, posee un alto potencial de irradiación solar, el cual puede ser aprovechado para proyectos de energía termo solar o fotovoltaico. Junto a lo anterior, se desea estudiar la factibilidad del uso de energía solar fotovoltaica, ya que actualmente solo existen proyectos de energía termo solar. Sin embargo, cabe mencionar que si existen viviendas que han optado por la compra de paneles solares, pero este proyecto en particular busca la factibilidad de la instalación de energía solar en un conjunto de viviendas, para así, convertirse en la primera villa y/o comuna en ser partícipe en este tipo de proyectos de manera comunitaria.

El estudio de factibilidad posee cuatro etapas. La primera está enfocada en estudiar todo el mercado relacionado con los sistemas de generación de electricidad y su instalación del tipo residencial. La segunda etapa, busca estudiar todos los aspectos técnicos para la instalación de un sistema de generación de electricidad On-grid. La tercera etapa, apunta al análisis de los aspectos económicos del proyecto, con el fin de determinar montos de inversión, ingresos y egresos, entre otros. El estudio financiero del proyecto es la cuarta y última

etapa, la cual está encadenada a la tercera etapa. Este último estudio, se basa en la descripción de la forma de financiamiento del proyecto, y en el desarrollo de los flujos de caja correspondientes. En el sub-capítulo 1.4 se describe más detalladamente cada una de las etapas de este proyecto en estudio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Determinar la factibilidad técnico-económica de la instalación de un sistema de electricidad fotovoltaico On-Grid, que permita abastecer de electricidad a toda una villa de la comuna de Rancagua.

1.1.2 Objetivos específicos

Determinar la demanda mínima necesaria de jefes de hogar que estén dispuestos a invertir un porcentaje del total de la instalación para que el proyecto sea rentable.

Determinar los aspectos técnicos involucrados en la implementación de un sistema de generación de electricidad On-Grid, usando energía solar fotovoltaica.

Determinar la rentabilidad económica de la implementación de un sistema de generación de electricidad On-Grid, utilizando financiamiento tripartito, aporte público, aporte privado y del jefe de hogar.

1.2 Justificación de la propuesta

Es de conocimiento global la crisis energética que atraviesa nuestro planeta. Esto se debe a diferentes factores. Uno de ellos es el uso excesivo, y posterior agotamiento de recursos no renovables que se usan para la generación de electricidad, como por ejemplo el petróleo y el carbón (Agencia Internacional de Energía, 2006). Otro factor que influye en la crisis energética es de índole medioambiental y social, puesto que en la actualidad se ha dado a conocer que nuestro planeta enfrenta una alta tasa de contaminación, ya sea natural o antrópica. Es en esta última donde se ven enfrentados los grupos que manejan la generación de energía en cada país de nuestro planeta. Otro factor relevante, es el alto costo que tiene la generación, transmisión y distribución de la energía. Este costo en la mayoría de los casos es absorbido en mayor porcentaje por el cliente final. El otro factor importante, es que cada día van ocupando un lugar relevante las energías renovables no convencionales (ERNC), como por ejemplo la energía Geotérmica, Eólica, Hídrica, Mareomotriz, Biomasa o Solar, especialmente en los países desarrollados, que son los que tienen mayor experiencia en esta área. Ya sea en la instalación de plantas generadoras de electricidad, como en el uso residencial de sistemas que usen energías renovables.

Es en este contexto, de las ERNC, que este estudio pretende estudiar la factibilidad técnico económico de la instalación de un sistema solar fotovoltaico On-Grid, en una villa de la comuna de Rancagua, sexta región, Chile.

Un aspecto relevante que se considerará en este proyecto será aprovechar la aprobada Ley 20.571, que regulará el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales de hasta 100 kW, o también denominada “Ley de Net Metering”, que estimulará la participación de las Energías Renovables no Convencionales (ERNC) en la matriz energética nacional.

Otro de los aspectos nuevos a desarrollar en este proyecto es la búsqueda de una inversión tripartita para la instalación de un sistema fotovoltaico On-Grid. El financiamiento tripartito involucra tres participantes. El principal será del sector privado, buscando que el mayor porcentaje de costo total de la inversión sea por parte de privados. El segundo actor será del sector público, donde a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo se buscará un aporte significativo de porcentaje menor al privado. Finalmente, el último actor será el propio jefe de hogar, puesto que también aportará un porcentaje menor a los dos anteriores, esto último con el fin de tomar importancia a la instalación y promover a largo plazo el uso eficiente de la energía.

Actualmente en nuestro país solo existen proyectos domiciliarios con uso de energía solar. Particularmente en la zona norte y central, puesto que se aprovecha eficientemente la radiación del sol. Cabe mencionar que estos proyectos están enfocados solo para el uso termo solar, es decir, el uso de la energía del sol para el calentamiento de agua, y así abastecer las viviendas con agua caliente. Sin ir más lejos, un ejemplo se puede observar en el condominio Portal del centro, ubicado en Concepción, Octava Región. Otro proyecto importante, se ubica en la región de Coquimbo, el cual ha ayudado a familias de las comunas de Ovalle y Vicuña, con un ahorro de casi \$150.000 pesos al año. Este proyecto es financiado por la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC), mediante el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) y con aportes de empresas del sector privado. Tal como indica la CCHC, para el año 2015 se pretenden aportar casi 400 colectores solares a viviendas de las comunas mencionadas anteriormente. Además, el presidente de la CCHC de La Serena anunciará para el 2015, la entrada en vigencia de la franquicia que permitirá dotar de termo paneles y calefactores solares a viviendas, iniciativa que concluyó a fines del año pasado y logrando beneficiar a 3.200 familias.

A nivel sudamericano, Argentina y Bolivia no se quedan atrás. Este último, mediante el Programa de Electricidad para Vivir con Dignidad (PEVD) del Ministerio de Hidrocarburos y energía, ya ha beneficiado a casi 5500 familias de 59 comunidades del área rural a través

del uso de energías alternativas, en particular con el uso de sistemas solar fotovoltaicos autónomos.

Finalmente, se puede mencionar que el estudio que se desea llevar a cabo, es de índole académica y del tipo piloto y exploratorio. Esto último se debe a que en la Sexta Región no existen proyectos similares, solo existen alternativas del uso de energía solar. Sin embargo, no se descarta una posible modificación y adaptación para ser presentado a quienes deseen realizar una inversión futura y su posterior implementación.

1.3 Delimitación del problema

Este proyecto tiene restricciones con respecto a 5 dimensiones. Estas dimensiones son: geográfica, tamaño del proyecto, financiamiento, excedentes de energía y tiempo. A continuación se explica cada una de ellas.

Geográfica: puesto que su estudio será en una villa del sector poniente de la comuna de Rancagua, Sexta Región.

Tamaño del proyecto: este proyecto pretende cubrir una villa compuesta por 310 casas. De preferencia, abarcar la mitad de hogares para aprovechar economías de escala.

Tipo de cliente: el cliente objetivo pertenece al grupo de ingreso económico medio y medio bajo. Además, el número promedio de integrantes por hogar es de 5 personas aproximadamente.

Financiamiento: el financiamiento del proyecto será tripartito. Incluye 3 partes: sector público (SERVIU), sector privado (FIS CODELCO) y el jefe de cada hogar. Los porcentajes de financiamiento fueron determinados de manera conjunta entre miembros del SERVIU y CODELCO. Además, fueron dados a conocer en una reunión previa a la elaboración de este proyecto. Los porcentajes son: 50% de la inversión corresponde a CODELCO, el 30% corresponde al SERVIU y solo un 20% proviene del dueño de cada hogar en estudio.

Excedentes de energía: en el caso que existan excedentes de energía, entendiendo excedente como la diferencia entre la producción y el consumo de energía, estos serán inyectados al SIC y pagados por éste en la razón 1:1, es decir el KW de excedente será cancelado al mismo valor que el precio por el KW consumido

Tiempo: la elaboración de este proyecto tendrá una duración de aproximadamente un semestre.

1.4 Metodología

Para el desarrollo del proyecto se trabajará por objetivos y la metodología estará dividida en cuatro etapas. Esta metodología está basada en el libro “Preparación y evaluación de proyectos” del año 1995, elaborado por los hermanos Nassir Sapag Chain Reinaldo Sapag Chain.

Objetivo específico 1: para el cumplimiento de este objetivo se realizará la primera etapa, el estudio de mercado. Este estudio, pretende determinar la demanda mínima necesaria para que el proyecto mencionado al inicio de este capítulo sea rentable. Primero que todo se definirá al consumidor del producto final. Esta definición permitirá conocer las características del consumidor final, ya sea características de consumo eléctrico como de los ingresos económicos del hogar. Para la definición del consumidor final se realizará un sondeo de opinión a 310 familias pertenecientes a una villa de la comuna de Rancagua. Todo lo relacionado con el mercado consumidor permitirá conocer la demanda de clientes dispuestos a invertir un porcentaje del total de la instalación. Luego se procederá a la descripción del mercado competidor y/o sustituto. El mercado competidor se definirá como aquel que entrega energía eléctrica, pero por otros métodos. Así también, se define al mercado sustituto como aquel que pudiera satisfacer la misma necesidad pero con otro producto. Lo anterior se llevará a cabo para determinar la oferta que recibe nuestro cliente en estudio. Posterior al análisis del mercado consumidor, competidor, y sustituto, se está en condiciones para determinar la brecha de demanda. Ésta consiste en la diferencia entre la oferta y la demanda. Cabe mencionar que tanto la demanda, la oferta y la brecha de demanda serán proyectadas a futuro para conocer su comportamiento. Finalmente se analizará el mercado proveedor con el fin de conocer quien o quienes serán los proveedores de todos los implementos necesarios y relevantes para el sistema fotovoltaico On-grid.

Objetivo específico 2: este objetivo se cumplirá en la segunda etapa de la metodología, que tiene por nombre, estudio técnico. Este estudio consiste en conocer y analizar todos los aspectos técnicos involucrados en los sistemas fotovoltaicos On-grid. Se estudiarán los

aspectos técnicos vinculados al consumo eléctrico en cada hogar. Esto último con el fin de establecer las características individuales de cada hogar. Dentro de los aspectos técnicos de la instalación del sistema fotovoltaico se analizarán los siguientes ítems: funcionamiento de un panel fotovoltaico, cálculo de la iluminación de cada hogar sondeado, tipo de artefactos eléctricos presentes en el hogar, entre otros. Además, se realizarán cálculos de la instalación propiamente tal. Estos cálculos incluyen el número de paneles solares necesarios para cada hogar, el tamaño del inversor de corriente, entre otros. Para terminar esta etapa, será necesario tener en cuenta las características de la techumbre que soportará el sistema fotovoltaico y cuál será el personal que llevara a cabo la instalación. Cabe mencionar, que la localización de este proyecto es elegida a priori, puesto que el proyecto tomará lugar en una villa del sector poniente de la comuna de Rancagua, Sexta Región. Para concluir con esta etapa, se mencionará a grandes rasgos, los tipos de tecnología existente y a utilizar en este proyecto.

Objetivo específico 3: la tercera etapa considera la realización de un estudio económico. Este análisis comienza por realizar una valorización inicial, que consiste en fijar un horizonte de tiempo para la evaluación del proyecto y cuál será la moneda de evaluación. Junto con lo anterior, se determinará la inversión inicial del proyecto, el capital de trabajo necesario y cuáles serán los beneficios y egresos que el proyecto generará. La cuarta etapa también incluye un análisis financiero. Este análisis, tendrá una característica muy relevante. Ya que incluirá un sistema de financiamiento tripartito, explicado anteriormente en la justificación de este proyecto. El análisis financiero deberá incluir una evaluación del flujo de caja con servicio a la deuda y sin ella.

En los próximos capítulos se darán a conocer el marco teórico de este proyecto y toda la revisión bibliográfica que sustenta en algún grado la realización de este estudio. Además se mostrarán los 3 estudios que incluye un estudio de factibilidad técnico económico.

Capítulo 2

2 Marco teórico

Desde hace ya un tiempo a esta parte, el planeta donde vivimos se está viendo enfrentado a problemas energéticos, la Agencia Internacional de Energía afirma que se debe al agotamiento de las reservas mundiales de petróleo, el cual es usado como fuente directa de energía (motores de vehículos u otros), o inclusive para que se generen otras energías, eléctrica por ejemplo. Este fenómeno irreversible ha sido denominado como “Crisis Energética” (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) por primera vez el año 2006. Las razones pueden ser muchas: aumento del consumo de energía eléctrica debido al constante crecimiento, tanto del sector residencial, como del sector industrial, quienes son los que demandan la mayor cantidad de energía, aumento del parque automotriz, agotamiento de recursos naturales como el agua dulce, junto con el ya mencionado petróleo.

Debido a esto ha surgido la necesidad de aprovechar de mejor forma los recursos energéticos disponibles, para esto se han diseñado artefactos eléctricos y electrónicos de uso eficiente de la energía, se han realizado campañas que permitan crear conciencia en los usuarios, etc. Por otro lado se han ideado formas de aprovechar distintos tipos de energías naturales con el propósito de convertirlas en energía eléctrica, las que además cuentan con la ventaja de ser renovables, dentro de éstas se encuentran por ejemplo: la energía solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, etc. Existen sistemas que permiten aprovechar desperdicios animales y/o vegetales o también llamados biomasa, que en su estado de descomposición generan gases utilizables domésticamente, estos sistemas son conocidos como biodigestores (Castro, J. 2011).

Es en este marco, que se quiere estudiar el uso de la energía solar para la generación de electricidad. La energía solar es la conversión de luz solar en formas de energía utilizable. (IEA, 1974). Energía solar fotovoltaica (FV), la solar térmica, la calefacción y refrigeración solar están dentro de las tecnologías solares.

El año 2012, la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) dio a conocer un estudio que muestra cual es el panorama a nivel mundial en la generación de energía solar fotovoltaica y la proyección por región. En la figura 2.1 se puede apreciar que en al año 2010 no se alcanza la generación de 100 TWh a nivel mundial. Pero para el 2020 se proyecta una generación cercana a los 500 TWh a nivel mundial. En la misma figura 2.1 se puede apreciar que los países que más incrementan su generación son: China, aquellos países que pertenecen a la OCDE América y Asia, y los que no pertenecen a la OCDE Asia. Entendiendo como OCDE a la Organización para la cooperación y el desarrollo económico.

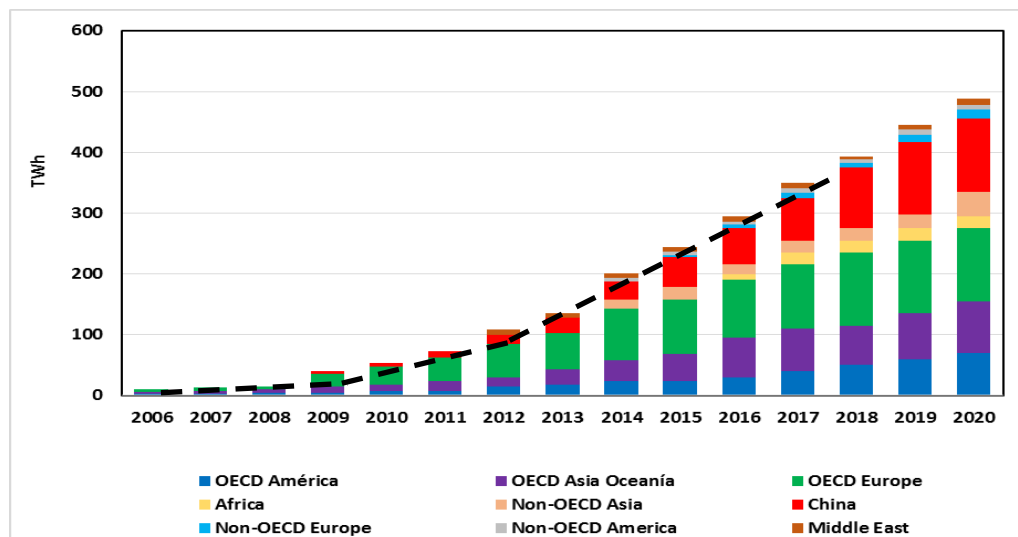


Figura 2 1. Generación de energía solar fotovoltaica y la proyección por región.

Fuente: Elaboración propia con datos de la IEA.

Como menciona Murcia el año 2008 en un artículo de la Revista de Ingeniería en la página 28, “una de las ventajas del uso de la energía solar, radica principalmente en su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución. Pero, para su uso, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia. Estas dificultades conllevan entonces la necesidad de transformarla a otra forma de energía para su almacenamiento y posterior uso”. Pero

ventajas, hay muchas más. Posee un bajo grado de contaminación si se utiliza para la generación de electricidad. El uso de esta energía es idóneo para lugares donde no se tenga acceso a la red eléctrica tradicional. Es en este contexto, donde se puede visualizar otro tipo de ventajas. Se puede ahorrar dinero a medida que la tecnología va avanzando, mientras que el costo de los combustibles fósiles aumenta con el paso del tiempo porque son cada vez más escasos. La única inversión es el costo inicial de la instalación, debido a que no requiere de ningún combustible para su funcionamiento. En el caso de la generación domiciliaria, este tipo de sistema no requiere ocupar ningún espacio adicional, pues puede instalarse en la techumbre. No menos importante es que la disponibilidad de energía solar reduce la dependencia de otros países para el abastecimiento de energía de la población.

Puede que la energía solar tenga varias ventajas, pero así también posee desventajas que deben considerarse para su utilización (Murcia 2008). Una de las más importantes, es que su uso depende de la zona geográfica y de la estación del año en que se desea ocupar. En el contexto de la generación, también se pueden identificar algunas desventajas. La más relevante, es el alto costo de instalación, que estos sistemas tienen, ya sea para una planta de generación, como para el uso domiciliario. Así mismo, se deben poseer conocimientos técnicos para su instalación.

El año 2012, el Ministerio de Energía creó el proyecto de ley llamado “Netmetering”. Este proyecto tiene como objetivo entregar un subsidio a quienes generen electricidad a través de energías renovables. Es en este contexto que este estudio que más adelante se detallará y analizará la factibilidad económica de la instalación de un sistema On-Grid de generación de electricidad, alimentado por paneles solares.

En 2013 la consultora internacional, CREARA ENERGY EXPERTS realizó un estudio llamado "PV Grid Parity Monitor" en México, Italia y Chile. En nuestro país se llevó a cabo en Copiapó y Santiago, este estudio fue realizado para el sector residencial y dio a conocer que los precios de la generación de energía fotovoltaica en hogares, continúan a la baja y alcanzan una paridad respecto a la red eléctrica.

Actualmente, en Europa, el país líder en el uso de la energía solar es Alemania. Este gigante europeo, a través de la Agencia Alemana de Energía (DENA, por sus siglas en alemán), es pionera en el uso de este tipo de energía. Más específicamente, realizando proyectos de índole social, domiciliario e industrial. Desde el año 2005, que esta agencia está trabajando en proyectos de energía solar fotovoltaica a nivel domiciliario. En la actualidad, aproximadamente un 5% de los hogares posee este tipo de energía. Junto con eso, DENA pretende triplicar ese porcentaje al año 2030 (DENA, 2014)

A nivel latinoamericano, existen dos países líderes en proyectos domiciliarios de sistemas fotovoltaicos. Estos son Colombia y México, que aunque a la fecha no sean miembros de la IEA, no dejan de tener relevancia a nivel latinoamericano. Colombia tiene aproximadamente el 3% de sus viviendas con sistemas fotovoltaicos. México no se queda atrás en el uso de la energía solar domiciliaria, pero con otro enfoque. Según políticas energéticas, hace más de 5 años que el gobierno ya lleva instalando sistemas autónomos en lugares donde no se tenía acceso a la red eléctrica (IEA, 2008).

Sin quedarse atrás, Argentina y Bolivia, también están incursionando en esta área. Según el Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia, al 2014 se han beneficiado a más de 7.500 familias que antes no tenían acceso a la red eléctrica. El programa ya se ha puesto en marcha en los departamentos de Potosí, Cochabamba, La Paz y Chuquisaca con una inversión de 3,5 millones de dólares.

A nivel nacional, Chile está recién aplicando políticas para la generación domiciliaria de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos. Según indica la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, uno de los proyectos más grandes estará localizado en la región de Coquimbo, donde 398 familias serán beneficiadas con colectores solares para sus viviendas. Este beneficio es para familias de Ovalle y Vicuña y representará en promedio un ahorro anual de \$150.000 para cada una de las viviendas.

La CCHC menciona que esto se debe gracias a las alianzas público - privadas para incentivar la generación, especialmente a través de la Estrategia Nacional de Construcción

Sustentable, donde la CCHC juega un papel relevante, especialmente a través de sus organismos técnicos. Uno de ellos es la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), con el Programa de Innovación de Construcción Sustentable.

El presidente de la CChC La Serena, Freddy Bermúdez, mencionó lo siguiente: "Estamos lejos de las cifras de países desarrollados en el ámbito energético, aunque creemos que podemos reducir esa cifra si hacemos un esfuerzo público - privado, tanto en materia residencial como en otro tipo de obras como colegios u hospitales. De nuestra parte seguiremos internalizando estos conceptos que son transversales al desarrollo constructivo" (Freddy Bermúdez, presidente de la CCHC, 2014). Por este motivo, celebró que se anunciara para el 2015 la entrada en vigencia de la franquicia que permitía dotar de termopaneles y calefactores solares a viviendas, iniciativa que concluyó a fines del año pasado y logrando beneficiar a 3.200 familias. "Como cámara promovemos la idea de mejorar la calidad de la vivienda y, por ende, de las personas, aunque también requerimos de reglas claras, proyectos de largo plazo y donde elaboremos una agenda común", refrendó Bermúdez.

A nivel mundial, más específicamente en Europa, existen algunos países que ya han pasado por los estudios principales del uso de sistemas fotovoltaicos residenciales. Un ejemplo de ello es el programa 200 kWp-fotovoltaico-azotea de Austria. La revista "Solar Energy", una de las revistas más importantes con relación a la energía solar, publica un estudio realizado por Haas, Ornetzeder, Hametner, Wroblewski, y Hübner (1999), en el cual se da a conocer que entre los años 1992 y 1994 se creó dicho programa para promover el uso de pequeños sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Dentro de este programa se instalaron cerca de 100 sistemas fotovoltaicos con una capacidad media de 2,28 kWp. Dicho trabajo investigó los aspectos socio-económicos del programa mencionado anteriormente, y las perspectivas de una mayor difusión de esta tecnología. Las principales conclusiones de esta investigación fueron 4. Una de ellas menciona que hay 3 motivos para invertir en una instalación fotovoltaica. Estos motivos son: la protección del medio ambiente, una alternativa a la energía nuclear y por interés económico. No obstante, estos 3 motivos están fuertemente ligados a que el consumidor solo está dispuesto a una inversión si existe algún

tipo de subvención por parte del gobierno de Austria. Haas et al. (1999) también concluyeron en aquel estudio, que la adquisición de un sistema fotovoltaico conduce a diferentes cambios en el comportamiento del consumidor. Donde aquellos que antes tenían bajo consumo en electricidad, aumentaron ligeramente su demanda. En cambio, aquellos que antes tenían un alto consumo eléctrico, disminuyeron aquella demanda de electricidad. Finalmente Haas et al. (1999) en aquel estudio concluyen también que los factores claves para una mayor difusión de sistemas fotovoltaicos son los incentivos financieros del gobierno, una reducción de los costes de inversión, aumento de la fiabilidad, la distribución de la información y el aumento de la conciencia ambiental.

Apoyando a las conclusiones del estudio anterior, Lazou y Papatsoris (2000) publican un paper en la revista *Solar Energy Materials and Solar Cells*, donde mencionan que en la zona mediterránea de Europa los sistemas fotovoltaicos están sirviendo a las necesidades energéticas de un hogar de tamaño medio habitado por una familia típica de cuatro miembros. Junto con ello concluyen que a partir del año 2005 en adelante los sistemas fotovoltaicos con conexión a la red y sin ella, logran satisfacer económicamente las demandas de electricidad del sector residencial con ubicación en zonas con abundante radiación solar. Y para las zonas con menor radiación, una buena alternativa serían los sistemas híbridos, los cuales podrían ayudar en la reducción del impacto ambiental del uso de recursos no renovables.

En la revista “*Solar Energy*”, Erge, Volker and Klaus (2001), publicaron el artículo “The German experience with grid-connected PV-systems”, el cual da a conocer la experiencia alemana con sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. En aquel artículo, se menciona que los sistemas fotovoltaicos conectados a la red experimentaron una creciente atención en Alemania en los últimos años y se espera enfrentar un gran impulso al inicio del nuevo milenio. Algunos ejemplos del uso de estos sistemas en Alemania son el programa “100000 Techos Solar”, programas de sistemas fotovoltaicos en escuelas, financiados por las empresas y los gobiernos (por ejemplo, “SONNEonline” por PreussenElektra, “Sonne in der Schule” por BMW y “Sonne in der Schule” por

Bayernwerk). Además, existen instalaciones de gran tamaño, como MW ("Neue Messe München" por Bayernwerk y "Energiepark Mont-Cenis" por el estado de Nordrhein-Westfalen, Stadtwerke Herne y Unión Europea). *"Hoy en Alemania una instalación fotovoltaica conectada a la red típica de 1 kW de potencia nominal produce rendimientos energéticos anuales promedio de 700 kWh (que dependen de la ubicación y de los componentes del sistema) y muestra una alta disponibilidad operativa. El precio por kWh a partir de instalaciones de energía fotovoltaica sigue siendo significativamente más alto que el precio de la energía convencional, pero los nuevos regímenes de financiamiento y modelos de costos (como el gran aumento de la tarifa de alimentación en Alemania debido a la Ley de Concesión de prioridad a las fuentes de energía renovables en el año 2000) dan optimismo sobre el futuro"*. (Erge et al., 2001, p 484).

Continuando en Alemania, Jahn, y Nasse (2004) realizan un estudio, el cual es elaborado para el programa "Photovoltaics Power Systems" (PVPS) de la Agencia Internacional de Energía. Este estudio trata sobre el desempeño operativo de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de edificios en Alemania. En dicho estudio se obtuvieron los rendimientos de 235 instalaciones fotovoltaicas en Alemania y de 133 plantas fotovoltaicas en otros países. Para Alemania, se observó un aumento significativo en el rendimiento y la fiabilidad del sistema fotovoltaico para las nuevas instalaciones fotovoltaicas, debido a una mayor eficiencia de los componentes (por ejemplo, el inversor) y el aumento de la disponibilidad. Jhan y Nasse (2004) dentro de sus conclusiones mencionan que existe una falta de experiencia a largo plazo en el rendimiento y la fiabilidad de los sistemas fotovoltaicos, debido a la ausencia de programas de vigilancia. Como resultado del PVPS, la AIE trabajó colaborativamente, para proporcionar datos y resultados en busca de un rendimiento fiable y de un monitoreo alrededor del mundo. Del mismo modo, dicho programa estipula las bases para promover un aumento de la inversión en sistemas fotovoltaicos residenciales e industriales, como por ejemplo la futura evolución de los sistemas de financiación (por ejemplo, subvenciones en la inversión) con el fin de estimular el mercado fotovoltaico.

No todo sucede en Europa, Bangladesh, con una población de casi 170 millones de personas, es un polo de atracción para inversiones sociales en energía solar, de parte de empresas extranjeras, ya que posee un uso ineficiente de sus recursos energéticos más importantes, el gas natural. En este marco, Bhuiyan, Asgar, Mazumder y Hussain (2000) realizaron una evaluación económica de un sistema de energía fotovoltaica residencial en hogares de Bangladesh, donde mencionan que dicho estudio se llevó a cabo con el fin de probar su viabilidad en las zonas remotas y rurales de Bangladesh, además de comparar la generación de energía con recursos renovables y con recursos no renovables. Bhuiyan et al. (2000) determinaron el costo de los sistemas de energía fotovoltaica utilizando el método de análisis del valor actual neto. Se encontró que el costo de generación de esta instalación fotovoltaica experimental es Tk. 43.40 / kWh para una familia (US \$ 1.00 = taka de Bangladesh Tk.50.00), es decir, menos de un dólar por kWh. El costo en la red eléctrica es Tk. 35.2 / kWh para la generación con algún tipo de combustible, como es el gas natural. Pero estos costos están en función de la distancia de los hogares con respecto a la planta generadora. Para una aldea a 1 km de la línea de distribución, este costo se convierte en Tk. 125,00 / kWh para una familia. Como conclusión, Bhuiyan et al. (2000) observaron que el costo de unidad de energía en las redes que se encuentran a 1 km de un pueblo es mucho más alto que el costo de la energía de una instalación fotovoltaica. Por lo tanto, el uso de sistemas fotovoltaicos es económicamente viable en las aldeas rurales y zonas remotas de Bangladesh, donde la red eléctrica no está disponible.

Capítulo 3

3 Estudio de mercado

En este capítulo expondremos cómo y con qué el estudio de mercado se llevó a cabo, así como los principales resultados y conclusiones. A continuación detallamos el estudio de mercado del consumidor, competidor, sustituto y proveedor, también se estudia la brecha de demanda.

Los datos del mercado consumidor fueron obtenidos de un sondeo de opinión. Dicha encuesta fue aplicada personalmente a 120 hogares de la villa en estudio.

3.1 Mercado consumidor

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 al ingreso y el consumo eléctrico, tanto en dinero como en KWh. Cabe mencionar, que todas las familias de la villa en estudio pertenecen al sector socio económico medio-bajo. En la tabla 3.1 se muestran los principales datos del consumidor en estudio.

Para continuar con el mercado consumidor, se debe definir el producto, de aquí en adelante llamado Sistema de Generación de Electricidad (SGE), el cual está definido como un producto que va en apoyo a la conexión a la red eléctrica residencial en la “Población 5 de Octubre” de la comuna de Rancagua. Esto para lograr disminuir los costos asociados al consumo de hogares pertenecientes a la villa mencionada anteriormente.

Para determinar la cantidad de hogares dispuestos a participar en este proyecto, se realizó un sondeo de opinión a un total de 310 hogares pertenecientes a dicha villa. Las preguntas

de este sondeo son incluidas en el Anexo de este proyecto. Dentro de este sondeo, solo 120 hogares estuvieron dispuestos a participar en este proyecto. Además, estos hogares están dispuestos a modificar su techumbre con el fin de lograr una futura implementación y a entregar toda la información necesaria.

Como muestra la figura 3.1, el porcentaje de participación es inferior al de no participación. Sin embargo, un 39 % de los hogares están dispuestos a participar en el proyecto. Este porcentaje es bastante alto como para seguir con el sondeo de opinión, y recopilar más información.

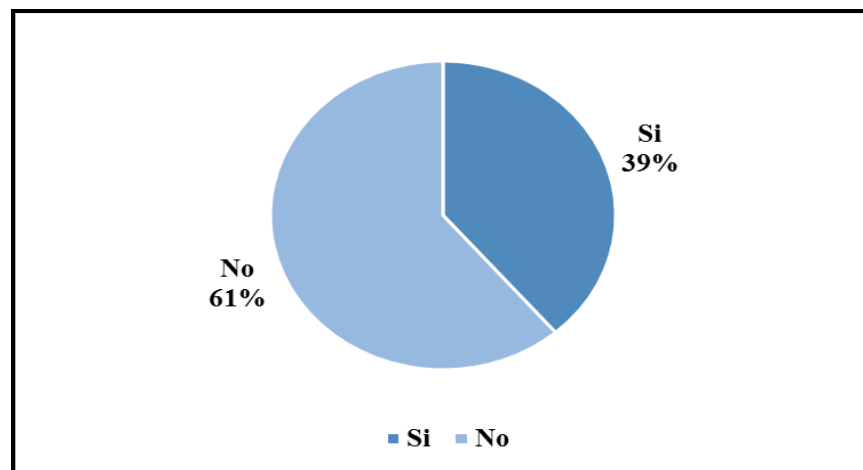


Figura 3 1. Disponibilidad de participación en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Dado que el producto está basado en los requerimientos individuales de cada hogar, se dispone de un SGE (Sistema de Generación de Electricidad) para cada hogar, de distinto tamaño con respecto a otros hogares, ya que principalmente, el tamaño del SGE, está determinado por la cantidad de paneles a instalar en cada hogar. El producto mencionado anteriormente, está directamente asociado al servicio de electricidad suministrado por una empresa ubicada en la Sexta Región. Debido a esto, es de vital importancia mencionar que tanto la energía suministrada por la red eléctrica, como por el SGE, tendrán un

funcionamiento de manera paralela. Es decir, el consumo eléctrico de cada hogar será satisfecho por la red eléctrica y por un sistema solar de generación de electricidad.

Para continuar con las características del consumidor en estudio, podemos mencionar que el promedio del ingreso económico es de aproximadamente \$371.000.

El consumo promedio de cada hogar es de aproximadamente 180 KWh, y equivalente a un gasto de \$22.000. De lo anterior podemos concluir que en promedio, un hogar ubicado en el sector en estudio dedica un 6,21% de su ingreso al gasto en electricidad.

A continuación, se pueden observar detalladamente los antecedentes recopilados en el sondeo de opinión, y que tienen por objetivo, conocer las características del consumidor en estudio. La tabla 3.1, es parte del resumen de resultados del sondeo de opinión.

Tabla 3. 1 Datos principales del consumidor.

Resumen	Ingresos	Consumo (\$)	Porcentaje del Gasto con respecto al ingreso	Consumo (Kwh)
Promedio	\$ 371.000	\$ 21.658	6,21%	180,16
Moda	\$ 300.000	\$ 22.000	5,71%	183,00
Mediana	\$ 340.000	\$ 22.000	6,00%	183,00
Max	\$ 750.000	\$ 35.000	10,40%	291,00
Min	\$ 240.000	\$ 14.000	2,90%	116,00

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a las características técnicas de los hogares, el sondeo de opinión (ANEXO), da como resultado que un 70,83% de los hogares utiliza como iluminación, ampollitas tipo “Ahorro de energía”, las cuales tienen la característica de iluminar de igual manera que otra ampollita, pero con un consumo bastante menor. Mientras, que un 20, 83% tiene iluminación de “Ahorro de energía” y “Convencional”. Solo un 8,33% posee únicamente

iluminación “Convencional”. Entiéndase iluminación “Convencional”, a las ampollitas incandescentes. Dentro del ámbito de la energía, se puede mencionar que todos los hogares que poseen iluminación “Convencional”, están dispuestos a realizar un cambio de ampollitas al tipo “Ahorro de energía”. Esto con el fin de hacer más eficiente el sistema solar de generación de electricidad, en las visitas a los hogares, los jefes de hogar aceptaron asumir el costo del cambio de iluminación mencionada anteriormente.

Es muy importante mencionar que el consumo de electricidad está satisfecho por la CGE (Compañía General de Electricidad), pero este proyecto apunta a contribuir en el consumo de cada hogar, de manera de producir un ahorro en las boleta de cada hogar. Es decir, la familia seguirá consumiendo la misma cantidad de KWh, pero un porcentaje de ese consumo será satisfecho por la CGE y otro porcentaje por el Sistema de Generación de Electricidad basado en energía solar fotovoltaica.

En la sección 3.4 se determinará la cuantificación de la demanda del mercado consumidor.

3.2 Mercado competidor

Se puede definir al mercado competidor, como aquel formado por las empresas que producen y comercializan productos similares a los del proyecto y por aquellas compañías que sin ofrecer bienes o servicios similares, comparten el mismo mercado objetivo de clientes (Sapag y Sapag, 1995)

En estricto rigor, el único competidor existente en la Sexta Región, es la Compañía General de Electricidad, existiendo un monopolio en el suministro de electricidad. La CGE, es una de las empresas de distribución de electricidad más importantes del país, tanto por cobertura geográfica como por cantidad de clientes. Tiene una alta vocación regional, lo que se demuestra en el abastecimiento de energía a alrededor de 1.753.000 clientes distribuidos en más de 130 comunas del país, desde el sur de la Región Metropolitana hasta la Región de la Araucanía. Esta empresa forma parte del Grupo CGE, uno de los

principales grupos energéticos del país, que cuenta con presencia en casi todas las regiones de Chile y con más de 100 años de experiencia en el negocio eléctrico.

De este modo, toda persona de residencia en la comuna de Rancagua, que desea consumir el servicio de electricidad, se ve en la obligación de tener como empresa proveedora de electricidad a la CGE. Lo anterior se debe a que desde la privatización del servicio de electricidad en el año 1982, tanto la generación, transmisión y distribución están en manos de empresas privadas. Actualmente, los habitantes de la Sexta Región pertenecen al Sistema Interconectado Central, responsable del suministro de energía al sector residencial de 9 regiones de Chile.

Es por esto que se puede concluir que la demanda de cada hogar está constantemente satisfecha por la empresa mencionada anteriormente. Pero, dicho suministro está sujeto al consumo de cada hogar. Es aquí donde la justificación de usar Energías Renovables No Convencionales tiene una importancia muy relevante.

3.3 Mercado sustituto

Dentro del marco de la formulación y evaluación de proyectos, un mercado sustituto se define como aquel mercado que satisface la misma necesidad de un consumidor, pero con un producto diferente (bien o servicio).

Al igual que el análisis del mercado competidor, se puede observar, que en la Sexta Región tampoco existen sustitutos para satisfacer el consumo de electricidad en los hogares de dicha región. Dado las características de otras ERNC, las características de la zona, y el acceso a tecnología, solo es factible ver la posibilidad de usar la energía solar en la Sexta Región, para la instalación de forma residencial.

Si llegara a existir la posibilidad de usar otra ERNC en la región, como por ejemplo, la energía eólica, hidroeléctrica, geotérmica u otra, esta solo podría ser usada a través de la construcción de una planta generadora de electricidad, puesto que por las características propias de otras ERNC y acceso a tecnología, solo existiría la posibilidad de que esta planta operara en conjunto con la CGE. Lo anterior, iría más en beneficio de la CGE, que en beneficio de los consumidores finales. Lo anterior aportaría sin duda al medio ambiente, pero no tanto a la disminución en las boletas del consumidor final.

3.4 Determinación de la brecha de demanda.

Antes de determinar la brecha de demanda, se debe definir este concepto propiamente tal. Sapag y Sapag (1995) definen a la brecha de demanda como la diferencia entre la demanda (D) y oferta (O) de un bien y/o servicio, es decir, la demanda menos la oferta. Ambas variables deben tener las mismas unidades para poder ser comparadas.

Para este proyecto, la demanda está sujeta al mercado consumidor, y la oferta está sujeta al mercado competidor y sustituto. Si la diferencia entre la demanda y oferta es mayor a cero, es decir, la demanda es mayor a la oferta, existe una brecha de demanda que aún no está satisfecha. De lo contrario no existe brecha de demanda.

3.4.1 Cuantificación de la demanda

En primer lugar, se debe definir la unidad de medida, la que corresponde a KiloWatts-hora mensual que una familia del sector en estudio consume. Para cuantificar la demanda, se observa la encuesta realizada en el mes de Julio de 2015 a las 120 familias, donde las familias entregaron antecedentes promedio de 12 meses anteriores y datos entregados por la Compañía General de Electricidad.

La tabla 3.2, muestra los estadísticos principales de la encuesta realizada a las 120 familias. Se puede observar que en promedio, una familia de la villa en estudio tiene un consumo eléctrico aproximado de 180 KWh. Así mismo, 291 KWh es el consumo eléctrico más alto de los 120 hogares encuestados.

Tabla 3. 2 Consumo mensual de electricidad por familia.

Resumen	Consumo (Kwh)
Promedio	180,16
Moda	183,00
Mediana	183,00
Max	291,00
Min	116,00

Fuente: Elaboración propia.

Adicional a lo anterior, en datos entregados por la Compañía General de Electricidad (CGE), se puede mostrar el consumo per cápita y familiar durante un año, considerando una familia de 4 integrantes y de nivel socioeconómico medio y medio bajo. Lo anterior, desde el año 2002 hasta el año 2014. El consumo per cápita se determinó básicamente como la razón del consumo mensual de una familia y los 12 meses del año.

Tabla 3. 3 Consumo per cápita y familiar durante los años 2002-2014.

Año	Consumo Per cápita (anual)	Consumo Per cápita (mensual)	Consumo Familiar (anual)	Consumo Familiar Promedio mensual
2002	413	34	1652	137
2003	433	36	1732	144
2004	449	37	1796	149
2005	471	39	1884	157
2006	474	39	1896	158
2007	489	40	1956	163
2008	505	42	2020	168
2009	512	42	2048	170
2010	520	43	2080	173
2011	527	43	2108	175
2012	530	44	2120	176
2013	534	44	2136	178
2014	539	44	2156	179

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de CGE.

Adicional a los datos de la tabla 3.3, la CGE entrego un pronóstico para los 4 años siguientes. Dicho pronóstico, se realizó bajo métodos de pronóstico para series con tendencia lineal. Los datos de la tabla anterior 3.3, y de la tabla siguiente 3.4, fueron obtenidos de la CGE. Es importante mencionar que la CGE no estuvo de acuerdo con entregar estos datos de manera detallada y solo fueron entregados de manera informal vía correo electrónico.

En efecto, el pronóstico para los cuatro siguientes años es el siguiente:

Tabla 3. 4 Pronóstico de consumo per cápita y familiar, anual y promedio mensual.

Año	Pronóstico consumo Per cápita (anual)	Pronóstico Consumo Per cápita (mensual)	Pronostico Consumo familiar (anual)	Pronóstico Consumo Promedio mensual (anual)
2015	550	45	2202	183
2016	558	46	2232	186
2017	558	46	2232	186
2018	573	47	2293	191

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de CGE.

En las figuras 3.2 y 3.3 que se muestran a continuación, se puede observar, a modo general, una tendencia lineal creciente en los últimos 13 años en el consumo de electricidad para una familia de 4 integrantes, lo cual da una aproximación al consumo futuro de electricidad en un hogar con ingresos económicos de nivel bajo y medio-bajo.

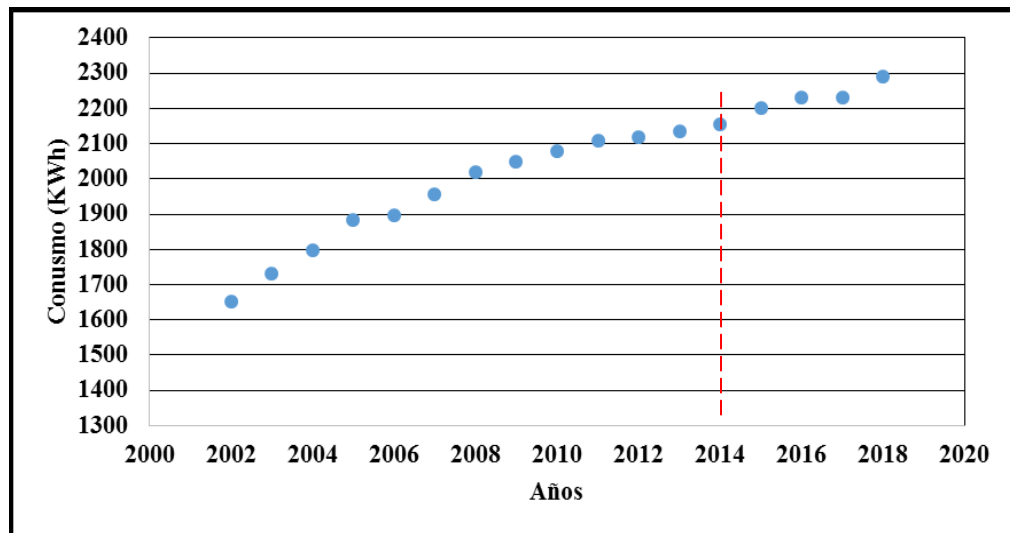


Figura 3 2. Consumo familiar anual durante los años 2002-2014 y el pronóstico para 4 años.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de CGE.

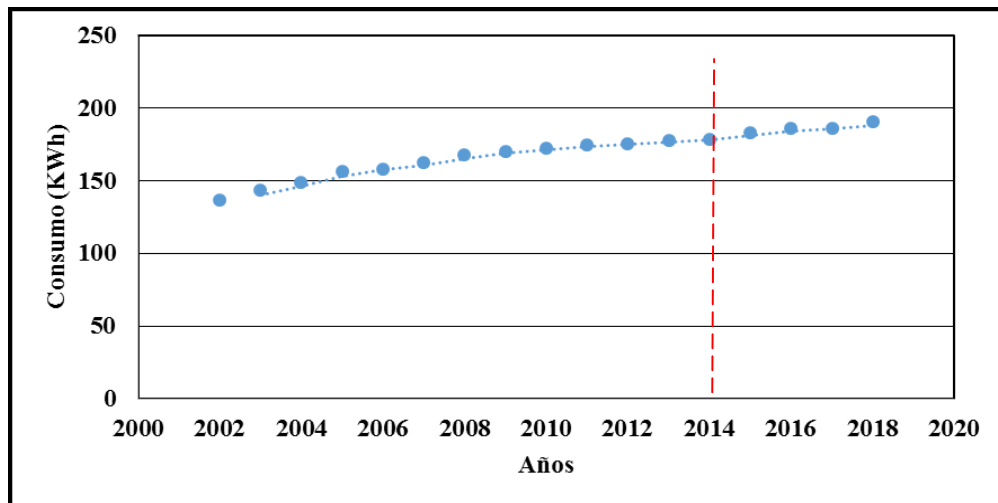


Figura 3 3. Consumo promedio mensual familiar durante los años 2002-2014 y el pronóstico para 4 años.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de CGE.

3.4.2 Cuantificación de la oferta.

Antes de comenzar esta sección, es importante mencionar que la oferta de electricidad está compuesta por algún competidor y/o sustituto. En efecto, para este proyecto, la oferta solo está en función del mercado competidor, puesto que se determinó en la sección 3.3 que no existe algún sustituto. De este modo, la oferta está en función del aporte de la CGE.

Es muy importante mencionar en esta sección, que toda la demanda de energía eléctrica de un hogar del sector en estudio está cubierta completamente por su principal oferente, la Compañía General de Electricidad. Por lo tanto, se puede concluir que la “demanda”=“consumo”

Es por lo anterior, que la oferta que actualmente existe es la misma que la demanda, o mejor dicho el mismo consumo, es decir, lo que se ofrece es lo que se consume, pudiendo mencionar que no existiría brecha de demanda.

Sin embargo, se debe mencionar que lo que pretende el Sistema de Generación de Electricidad basado en energía solar, es contribuir a dicho consumo, es decir, mantener el mismo consumo de un hogar, pero utilizando dos aportes, parte del consumo cubierto por el principal oferente (CGE) con una conexión a la red eléctrica convencional, y por otra parte, utilizando energía solar.

En efecto, dado que la demanda (consumo) está cubierta totalmente por la CGE, se pretende capturar un % de esa demanda con el uso del Sistema de Generación de Electricidad basado en energía solar. Este porcentaje está entre un 50% y 70%.

3.4.3 Brecha de demanda.

La brecha de demanda está definida como la diferencia entre la demanda (D) y la oferta (O), es por esto que se puede determinar dicha brecha como la diferencia entre el consumo (demanda) promedio mensual de cada familia y lo ofrecido por la empresa CGE. Como se mencionó en la sección anterior, la demanda sería igual a la oferta, pues se ofrece lo que se consume, por lo que la brecha no existiría. Cabe mencionar, que el porcentaje de aporte promedio a la red eléctrica está regulado por la ley 20.571.

En efecto, se pretende que el servicio entregado por la CGE disminuya en cantidad de KWh consumidos, y que el resto del consumo sea aprovechado por el uso de energía solar.

Cabe mencionar, que no existe oferta entregada por algún sustituto en la comuna de Rancagua, ni en la Sexta Región. Por lo tanto, la oferta queda determinada solo por la entrega de electricidad por parte del único proveedor en la zona, la Compañía General de Electricidad.

Se puede concluir que con el uso de energía solar, la demanda, o mejor dicho el consumo de electricidad será el mismo. Sin embargo, el cambio real sería en lo que actualmente cubre la CGE, es decir, su de generación de electricidad disminuiría, debido a que los hogares están produciendo su propia energía.

También es importante mencionar, que por política del gobierno actual de nuestro país, se pretende que en un futuro un porcentaje importante de los hogares, empresas, y matriz nacional, sea cubierto por el uso de ERNC.

3.5 Mercado proveedor

Se define mercado proveedor, aquel conformado por quienes suministran todo insumo o materia prima para la elaboración de un producto o para la entrega de un servicio (Sapag & Sapag, 1995). Para este proyecto, es aquella empresa que suministra todos los artefactos que componen un sistema solar fotovoltaico On-grid de generación de electricidad residencial. Algunos de estos artefactos son: celdas solares, panel de soporte de celdas, cableado, inversor de corriente, entre otros. En el capítulo 4, se hará un estudio detallado de todos los aspectos técnicos involucrados en este proyecto.

Para estudiar al proveedor de estos artefactos, solo se analizan proveedores nacionales, ya que dentro del marco de la Ley 20.571, se dispone que solo se accederá a esta ley utilizando proveedores incluidos en un listado que ellos han elaborado, y que solo están dentro del territorio nacional. La lista de estos proveedores será elaborada teniendo en cuenta los siguientes aspectos: clase (certificación), ubicación y precio.

Un aspecto muy relevante a tener en consideración, y que está regulado por la Ley 20.571, es que tanto los insumos, como quién es la empresa que instala los sistemas de ERNC, deben estar certificados y aprobados por los siguientes organismos:

- Comisión Nacional de Energía (CNE)
- Ministerio de Energía
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)

Para la elaboración del listado de proveedores nacionales, solo se tendrán en consideración aquellas empresas que posean la certificación y aprobación de los organismos mencionados anteriormente. Posteriormente, se analizarán otros aspectos para lograr determinar una elección correcta. Se seleccionarán 2 proveedores nacionales, con el hecho de tener un proveedor suplente en caso de algún atraso o inconveniente que pueda existir.

3.5.1 Proveedor nacional

Dentro del país, existe una cantidad enorme de empresas que se dedican a la venta y/o instalación de sistemas de ERNC, como por ejemplo la energía solar. Cabe mencionar que con el aumento del uso de este tipo de energías, el mercado de venta e instalación se está haciendo cada vez más competitivo.

A nivel nacional existen un sin número de empresas que se dedican a la venta y/o instalación de implementos de sistemas de energía solar, para el comercio, como para la industria. Sin embargo, no son muchas las empresas que han entrado en mercado residencial.

Tal como lo menciona la Superintendencia de electricidad y combustibles (SEC), los únicos proveedores que pueden participar de la Ley 20.571, son aquellos que hayan entregado el documento de declaración TE4, que regula todos los antecedentes de un instalador para su posterior certificación.

La lista completa de proveedores nacionales se muestra en el anexo de este proyecto. Este listado lo entrega la SEC en su página web. Sin embargo, a continuación se presenta los candidatos a ser el instalador de este proyecto. Para esto, se debe mencionar que estos instaladores poseen una certificación (clase). Para esta certificación, se solicita a las empresas instaladoras que cumplan lo siguiente: control de calidad de insumos y accesorios, aprobación de la SEC para insumos y para el área técnica de instalación, y que la empresa no posea antecedentes de accidentes en instalación y puesta en marcha. Algunas de las empresas instaladoras poseen clase A, la cual se otorga cuando la certificación fue aprobada en primera instancia, y clase B, cuando fue aprobada en segunda instancia. Así también, el listado será acotado a aquellos instaladores que se ubiquen en la Región Metropolitana y en la Sexta Región, ya que el costo de transporte de insumos como de mano de obra es un punto importante a considerar al momento de evaluar costos, pues poseen un menor costo si el lugar de la instalación está cercano a la empresa proveedora.

A continuación se presenta la tabla 3.5 con los proveedores certificados con clase A ubicados en las dos regiones mencionadas anteriormente.

Tabla 3. 5 Proveedores certificados en RM y Sexta Región.

Instalador	Clase	Correo	Empresa	Región
Ricardo Oliva	A	r.oliva@rame-energy.com	RameEnergy	RM
Hermes Bravo	A	ventas@greenpowerchile.cl	Greenpower	RM
Oliver Porras	A	oliver.porras1@gmail.com	Andes Voltaic	RM
Eduardo Saavedra Cea	A	esaavedra@solardevalle.cl	Solar del Valle	RM
Gonzalo Quiroz	A	gquiroz@qelectra.cl	Independiente	RM
Ignacio Cañete González	A	ignacio@andesvoltaic.com	Andesvoltaic	RM
Eduardo Soto Sepúlveda	A	Eduardo.soto@phineal.com	Phineal	RM
Fabián Zúñiga	A	fzuniga@kaltemp.cl	Kaltemp	RM
Camilo Villanueva	A	cvillanueva@penta-ingenieria.cl	Penta Ingeniería	RM
José Lobos	A	josemlobos@gmail.com	Independiente	RM
Hans Henríquez	A	instalaciones@actisolar.cl	Actisolar	RM
Daniel Gustavo Espinoza	A	info@empresaere.cl	ERE ingeniería	RM
Manuel Toledo Valdés	A	mtvingeneria@yahoo.es	Independiente	VI
Alejandro Abarzúa Maturana	A	panel.solar@hotmail.com	Independiente	VI
Cristian Castillo	A	cristiandr@msn.com	Independiente	VI
Fabián Zúñiga Zapata	A	fabian.zuniga.z@gmail.com	Independiente	VI
Camilo Román Pérez	A	camiloroman@rycelectric.com	Rycelectric	VI

Fuente: SEC.

3.5.2 Elección de proveedor

Para la elección del proveedor final, se realiza un análisis cualitativo por puntos para determinar cuál será la empresa que otorgue los insumos necesarios para los sistemas solares fotovoltaicos On-grid. La puntuación tiene en una escala de 1 a 5. Tanto la escala como la asignación de puntaje son realizadas por la SEC.

Del mismo modo, la SEC, para el análisis cualitativo por puntos, considera los siguientes factores: certificación de Ley 20.571, años de experiencia, calidad de servicio post-venta, opción de precio mayorista, tecnología y ubicación.

La ponderación de los factores mencionados anteriormente es la siguiente:

- Certificación de Ley 20.571: 0.25
- Años de experiencia: 0.2
- Calidad de servicio post-venta: 0.1
- Opción de precio mayorista: 0.15
- Tecnología: 0.10
- Ubicación: 0.2 (solo en caso nacional)

Esta ponderación, va de acuerdo con los requisitos de la Ley 20.571, y está basada en regulaciones de proyectos de igual índole realizados en países de Europa.

Luego de presentar a la SEC un listado de 17 proveedores, tanto de la Región Metropolitana como de la Sexta Región, este organismo asigno la siguiente puntuación a cada uno de ellos. Es importante mencionar que la SEC es quien vela por la objetividad de la asignación de estos puntajes. A continuación se da conocer el resultado final del análisis cualitativo por puntos:

Tabla 3. 6 Resultado análisis cualitativo por puntos proveedor nacional.

Proveedor	Factor						Puntaje
	Certificación (0.25)	Años experiencia (0.20)	Calidad servicio post-venta (0.1)	Precio mayorista (0.15)	Tecnología (0.10)	Ubicación (0.2)	
RameEnergy	5	5	4	3	5	4	4,4
Greenpower	5	3	2	4	3	4	3,75
Andes Voltaic	5	4	3	3	3	4	3,9
Solar del Valle	5	3	4	2	3	4	3,65
Independiente	5	3	2	3	4	4	3,7
Andesvoltaic	5	5	4	4	5	4	4,4
Phineal	5	3	4	4		4	3,65
Kaltemp	5	5	4	4	5	4	4,55
Penta Ingeniería	5	4	4	3	4	4	4,1
Independiente	5	2	4	4	4	4	3,85
Actisolar	5	3	5	3	3	4	3,9
ERE ingeniería	5	3	4	3	3	4	3,9
Independiente	5	2	3	3	4	4	3,6
Independiente	5	2	3	3	3	5	4,05
Independiente	5	2	3	3	3	5	3,7
Independiente	5	2	4	3	3	5	3,8
Rycelectric	5	3	3	3	3	5	4,05

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 3.6, el proveedor que obtuvo el puntaje más alto fue “Kaltemp”, con un puntaje de 4,55 por sobre el resto de los proveedores nacionales. Junto con esta justificación, se debe mencionar que “Kaltemp” ha sido una de las pocas empresas que ha puesto interés en este proyecto, junto con otras dos. A estas empresas se les ha pedido participar en este proyecto, ya sea en la elaboración y/o futura implementación. Además, la empresa “Kaltemp” entrega los siguientes servicios: venta de insumos, instalación y venta e instalación en conjunto.

De este modo, los dos posibles proveedores son los siguientes:

- Kaltemp (nacional)
- AndesVoltaic (proveedor suplente)

Para terminar con la elección del proveedor, al momento de la puesta en marcha del proyecto, se presentan estas alternativas a los siguientes organismos que aprobarán o rechazarán al proveedor del proyecto de instalación de un Sistema de Generación de Electricidad a base de ERNC:

- Comisión Nacional de Energía (CNE)
- Ministerio de Energía
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)

Luego de presentar las alternativas de proveedores a estos organismos, existe un tiempo de espera para obtener la respuesta final. Esta respuesta se recibe mediante una carta con la aprobación o rechazo de las alternativas.

La respuesta por parte de estos organismos tiene como resultado la elección de la empresa proveedora de insumos y de la instalación del Sistema de Generación de Electricidad a base de ERNC en la comuna de Rancagua.

Capítulo 4

4 Estudio técnico

En el presente capítulo se realiza el estudio técnico y de localización efectuado para el proyecto de instalación de un Sistema de Generación de Electricidad residencial a base de ERNC.

Aunque en el capítulo anterior se determinó que la brecha de demanda es nula, no así su consumo, realmente existe un porcentaje de demanda a satisfacer mediante el uso de ERNC, lo que justifica a priori la implementación de un Sistema de Generación de Electricidad residencial a base de ERNC.

El estudio técnico se basa principalmente en el tamaño y capacidad productiva del proyecto, en particular definir la cantidad de electricidad que se necesita generar para cubrir los requerimientos de cada hogar en estudio a partir del uso de ERNC. Lo anterior se define según la variable de medición, en términos de recursos disponibles KWh de consumo mensual de un hogar en la comuna de Rancagua.

Se presenta el diagrama de la operación de un sistema On-grid residencial de generación de electricidad a base de ERNC, que ilustra el funcionamiento de los paneles solares, y cuáles son los insumos necesarios para dicha operación.

Una de las conclusiones más importantes derivada en este estudio, es que se deberá definir la función de producción que optimice el empleo de los recursos disponibles en la producción del bien o servicio del proyecto. De aquí podrá obtenerse la información de las necesidades de capital, mano de obra y recursos materiales, tanto para la puesta en marcha como para la posterior operación del proyecto.

Se identifican las obras físicas, maquinarias, equipos necesarios y una calendarización que muestre las respectivas implementaciones en el tiempo para llevar a cabo el funcionamiento del Sistema de Generación de Electricidad.

Además, se identifica el requerimiento de mano de obra, es decir, del personal necesario para cubrir las necesidades de los consumidores de manera óptima.

Un aspecto que no se desarrollará, será la localización de este proyecto, ya que a priori será en la comuna de Rancagua, debido al potencial que posee para el uso de ERNC, y por el aporte personal y ambiental que se desea lograr en esta comuna.

4.1 Aspectos del consumo del hogar

Para definir la cantidad de electricidad requerida para cada hogar incluido en proyecto, se define como variable de medición en términos de recursos disponibles, los KWh consumidos por una familia de la comuna en estudio. En la tabla 3.2, que se muestra en el capítulo anterior, ya se puede observar cual es el consumo promedio mensual de una familia de ingresos medios y medios bajos de la comuna de Rancagua. Con este consumo mencionado, se puede determinar cuál es la cantidad de demanda a satisfacer. Este consumo es igual a la demanda a satisfacer. Esta información corresponde a los meses de junio de 2014 a junio de 2015. Además, los resultados detallados sobre el consumo de las 120 familias se muestran en el Anexo de este proyecto.

Para continuar con los aspectos de consumo del hogar, podemos observar en la figura 4.1, cuál es el tipo de iluminación que predomina en los 120 hogares encuestados. Mencionando que las ampollitas del tipo convencional son aquellas ampollitas incandescentes que tienen un mayor consumo. Las ampollitas del tipo ahorro energía son aquellas que iluminan lo mismo que las anteriores, pero que tiene un consumo mucho menor. Un sistema mixto, se refiere a que un hogar posee de los dos tipos de ampollitas mencionadas anteriormente.

Se puede notar que la mayoría de los hogares poseen en su iluminación ampollitas de ahorro de energía, tanto en su totalidad, como en conjunto con ampollitas convencionales (incandescentes). Junto con lo anterior, un 8 % de los hogares posee solo ampollitas incandescentes en su hogar

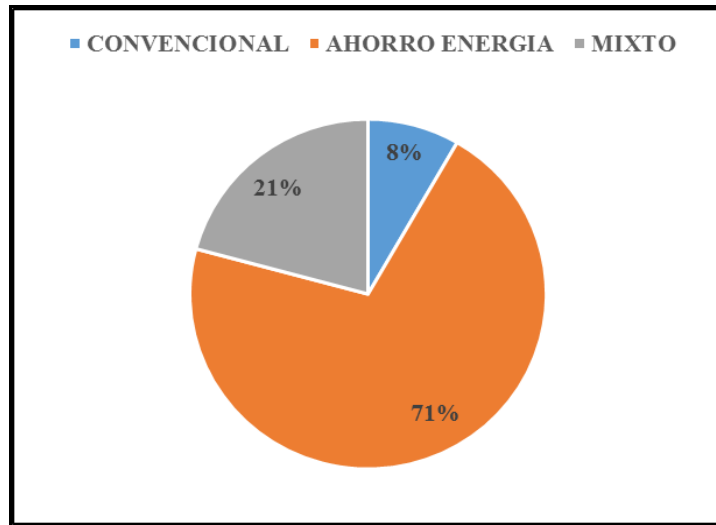


Figura 4 1. Tipo de iluminación en cada hogar de una villa de Rancagua.

Fuente: Elaboración propia.

Además, la figura 4.2 muestra la cantidad promedio de ampollitas que un hogar posee en su interior. Se puede observar que los hogares que solo poseen ampollitas de ahorro de energía, tienen en promedio una cantidad de 12 ampollitas, en comparación con aquellos que solo tienen ampollitas incandescentes, los cuales tienen en promedio 9 ampollitas. Además, los hogares con ampollitas mixtas, tienen en promedio 7 ampollitas ahorro de energía y 4 convencionales.

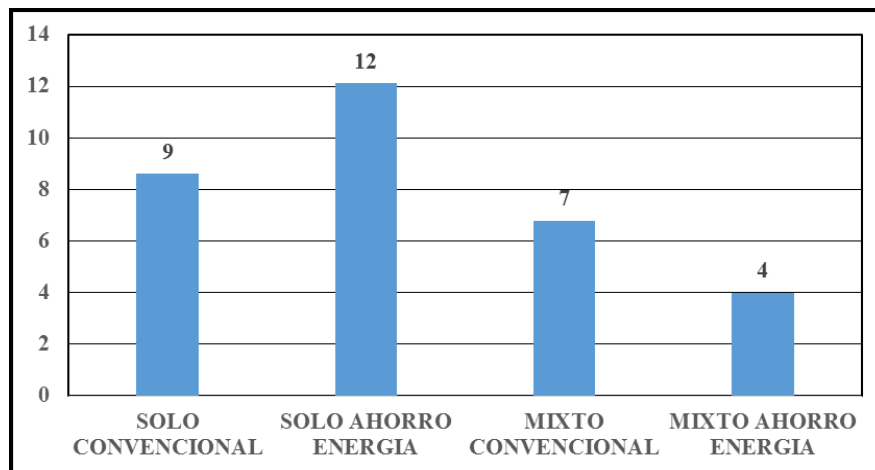


Figura 4 2. Cantidad Promedio de tipo de ampollitas en un hogar según su tipo.

Fuente: Elaboración propia.

A lo anterior, se puede mencionar, que los encuestados, manifestaron estar aburridos con el uso de ampolletas incandescentes, ya que no entregan una iluminación óptima y además son de alto consumo.

Dentro de la encuesta realizada a los 120 jefes de hogar, los 35 hogares que tienen ampolletas incandescentes, están dispuestos a realizar un cambio total del tipo de ampolletas. Lo anterior, como sugerencia para lograr una mayor eficiencia y una mayor libertad de consumo en la iluminación de los hogares, y apoyándose en un decreto que el Ministerio de Energía ha lanzado para prohibir la venta de ampolletas incandescentes con fin de promover el uso de ampolletas de ahorro de energía o Led.

Es también importante mencionar el uso que los 120 hogares le dan al servicio de la electricidad. La figura 4.3 que se muestra a continuación, da a conocer cuántos hogares dedican más consumo a artefactos electrónicos que a iluminación. Pudiendo concluir que el 55% de los hogares tiene más uso de electricidad en artefactos electrónicos, mientras que el 45% tiene más uso en iluminación. Lo anterior da un resultado muy concluyente, ya que a modo general, se le dedica la mitad del uso a la iluminación, y la otra mitad a los artefactos electrónicos.

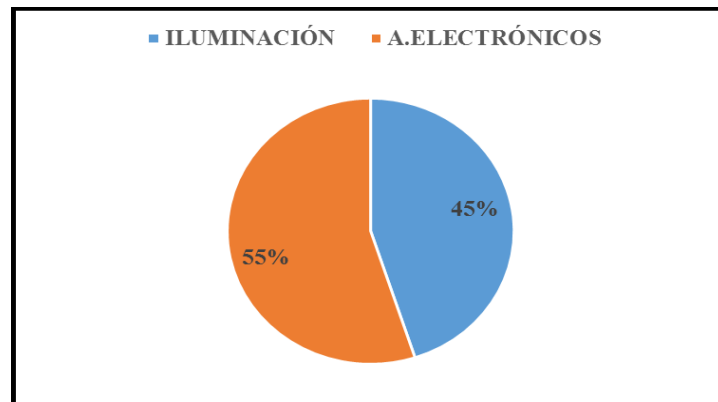


Figura 4 3. Porcentaje de hogares que dedican consumo a artefactos electrónicos y a iluminación.

Fuente: Elaboración propia.

Para terminar con esta sección se puede mostrar en la figura 4.4, cuál ha sido el consumo durante 12 meses en un hogar que posee un consumo promedio mensual de 180 KWh. Se toma este consumo promedio, ya que es el consumo promedio de los 120 hogares encuestados, bajo el supuesto que todos los hogares tienen el mismo comportamiento de consumo mensual.

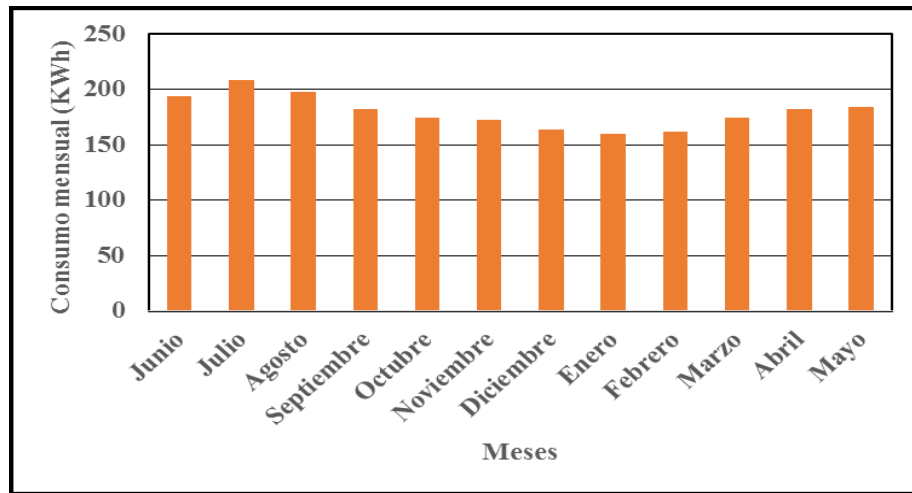


Figura 4 4. Consumo promedio mensual de un hogar durante los meses Junio 2014-Julio 2015.

Fuente: Elaboración propia.

Junto con la figura anterior, en visitas a los 120 hogares, se puede concluir que el mayor consumo de electricidad en estas 120 viviendas, se efectúa en los meses de invierno, ya que por el bajo efecto de la luz natural (Radiación), los hogares se ven en la obligación de utilizar más horas de iluminación. A lo anterior, en visitas a los hogares, se pudo concluir que en invierno se utilizan en mayor proporción los siguientes artefactos eléctricos: estufa eléctrica, lavadora y/o secadora, plancha y hervidor eléctrico. Algunos de estos artefactos, tales como secadora y/o estufa eléctrica se utilizan más en invierno que en verano, ya que su uso se justifica más en meses con poco sol.

4.2 Aspectos técnicos del sistema FV

En esta sección, se da a conocer cuál es el funcionamiento de un sistema residencial On-grid de generación de electricidad a base de ERNC. Además, se determinan las necesidades de equipos y maquinarias para la ejecución del proyecto, las necesidades de personal, para terminar con la capacidad productiva del sistema residencial On-grid de generación de electricidad.

4.2.1 Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica para la generación de electricidad en un sistema On-grid.

A continuación se muestra un esquema que describe la captación de energía solar, pasando por su transformación, inyección a la red eléctrica y al hogar residencial.

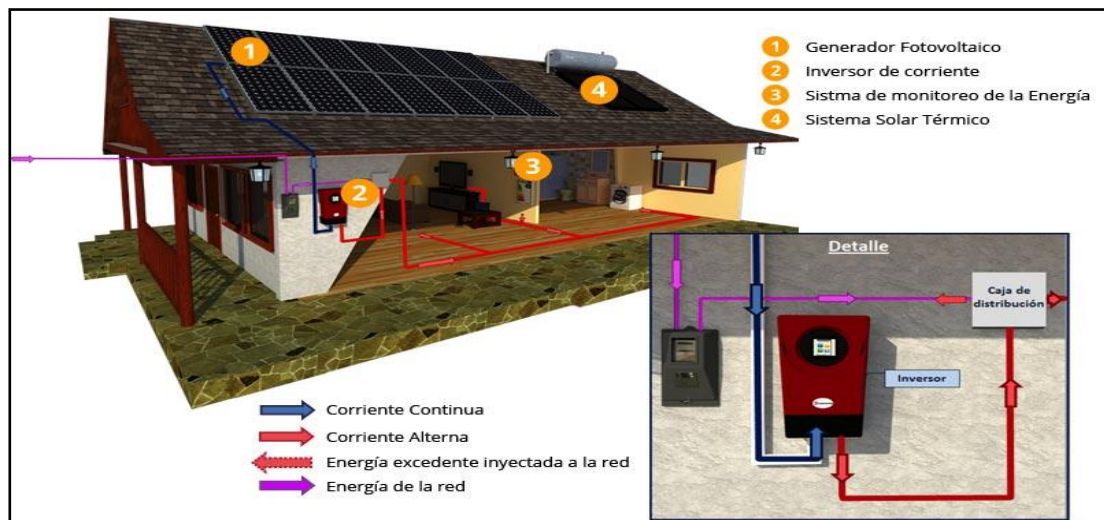


Figura 4 5. Esquema de funcionamiento de energía solar fotovoltaica.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.5 muestra el proceso de conversión de energía solar a energía eléctrica en un sistema solar On-grid. Un sistema On-grid es un sistema solar de generación de electricidad que está conectado a la red eléctrica. Es requisito estar conectado a la red eléctrica para la entrada a la Ley 20.571. Lo anterior es requisito, ya que actualmente solo existe subsidio para viviendas conectadas a la red eléctrica, y que además aporten con energía al sistema de generación correspondiente a cada zona del país. En efecto, que inyecte energía al Sistema Interconectado Central (SIC).

El comienzo de este proceso es la captación de energía solar, la cual efectuada por las celdas fotovoltaicas que están en la techumbre del hogar. Estas celdas son fabricadas a base de Silicio. Existen varios tipos de celdas fotovoltaicas, pero son 3 tipos de celdas las que son más usadas para este tipo de proyectos, silicio, silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo. (Figuras 4.6, 4.7 y 4.8)

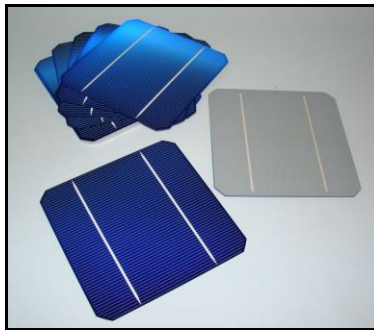


Figura 4 6. Celdas fotovoltaicas de Silicio.

Fuente: Certificados energéticos.



Figura 4 7. Celdas fotovoltaicas de Silicio Monocristalino y Policristalino.

Fuente: Certificados energéticos.

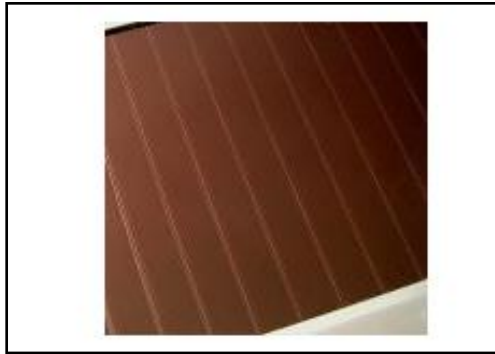


Figura 4 8. Celdas fotovoltaicas de Silicio Amorfo.

Fuente: Certificados energéticos.

El rendimiento de las células para cualquiera de las tres opciones, es relativamente parecido, y oscila entre el 6% y el 17%. De las tres opciones, los paneles formados por células de silicio monocristalino, son los de mayor rendimiento (13-17%), aunque su producción es la más compleja, ya que requiere más tiempo y consumo de energía, lo que encarece su fabricación. Al contrario, los paneles de silicio amorfo, son simples de fabricar y más baratos que los otros dos, presentan forma de lámina delgada de silicio, que se deposita sobre otra lámina de vidrio, de metal o de plástico. Sin embargo su rendimiento es mucho menor (6-8%). Actualmente existen compañías que tratan de mejorar los valores de rendimiento de las células finas de silicio amorfo. El proceso de fabricación de las células de silicio policristalino, varía respecto al proceso de fabricación de las células de silicio monocristalino. Lo anterior es relevante, ya que se desecha menos material en su fabricación. Las células son cuadradas y su color no es uniforme, ya que presenta diferentes tonos de azules. Su capacidad de absorción es bastante buena, debido a su color azul, y su rendimiento alcanza valores entre el 11% y el 15%.

Se ha decidido utilizar las celdas de Silicio Policristalino, ya que esta posee un costo de fabricación menor a la de silicio Monocristalino que es aquella con la más alta eficiencia.

En cambio, las celdas más baratas de silicio amorfo tienen un menor porcentaje de eficiencia. Las celdas de silicio policristalino están en un punto medio en comparación con las otras celdas, tanto en el costo como en el porcentaje de rendimiento.

Para continuar con el proceso de transformación de la energía, se debe mencionar que estas celdas fotovoltaicas, van unidas y puestas en un panel de soporte (Figura 4.5). Este panel varía con respecto a la cantidad necesaria de celdas. Estos paneles en su mayoría tienen un área de 1m^2 .



Figura 4 9. Imagen referencial de un panel solar fotovoltaico.

Fuente: Aquitosolar

Luego, estas celdas captan la energía, y mediante su unión con un cableado especial, generan electricidad. Sin embargo, esta corriente es del tipo continua (CC). Esta corriente solo sirve para la iluminación de un hogar (12V o 24V). Para poder usar esta corriente en artefactos eléctricos u otro uso, es necesario el uso de un inversor de corriente. Este inversor convierte la corriente continua en corriente alterna (CA), la cual es necesaria para la operación de artefactos eléctricos de mayor potencia. La figura 4.6 muestra una imagen a modo de ejemplo de un inversor de corriente.



Figura 4 10. Imagen referencial de un inversor de corriente de 500 Watts.

Fuente: Aquitosolar.

Luego de convertir la corriente continua en corriente alterna, esta es enviada mediante un cableado específico hacia una caja de distribución, que envía la corriente hacia el medidor de corriente empalmado en el hogar.

El último accesorio importante para una instalación de un Sistema de generación de energía eléctrica y que es solicitado por la ley 20.571, es un medidor bidireccional (Figura 4.7). Este medidor permite al usuario interconectar la energía convencional con aquellas que genere a través de paneles solares u otros mecanismos. Además, sirve para tener una medición más exacta de lo que se está produciendo por el uso de energía solar por ejemplo.



Figura 4 11. Imagen referencial de un medidor bidireccional.

Fuente: Aquitosolar.

Finalmente la energía llega al hogar para ser usada en iluminación y/o artefactos eléctricos.

Es importante mencionar que si la energía producida mensualmente por los paneles solares es mayor a la consumida, esta diferencia es inyectada a la red. Este excedente es reembolsado económicamente al jefe de hogar en la escala 1:1, es decir el precio de KWh que cobra la Compañía de electricidad será el mismo a cancelar al hogar por la energía inyectada a la red eléctrica. De lo contrario, si la energía entregada por los paneles solares es menor al consumo, esta diferencia será la que el jefe de hogar solo deba cancelar en su boleta mensual a la Compañía de electricidad.

A modo de ejemplo se muestran dos ilustraciones para explicar cómo funciona el balance mensual de producción de electricidad con ERNC de la Ley 20.571 (Figura 4.8 y 4.9)

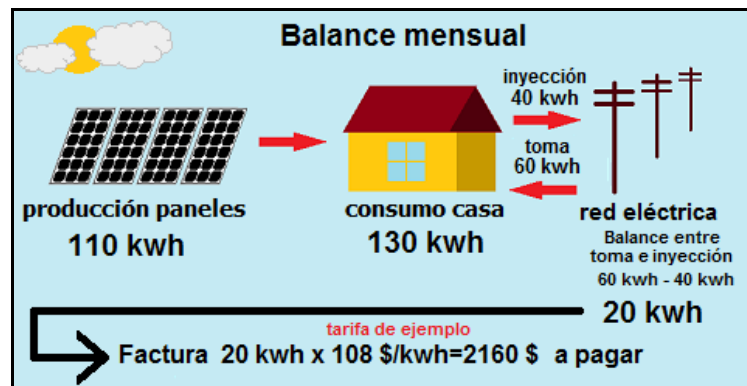


Figura 4 12. Ejemplo de balance mensual (Consumo mayor a producción).

Fuente: CNE

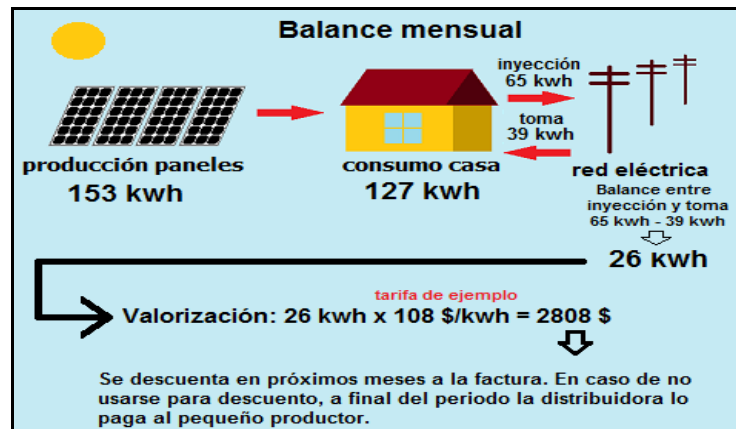


Figura 4 13. Ejemplo de balance mensual (Producción mayor a consumo).

Fuente: CNE

4.2.2 Capacidad productiva de un sistema solar fotovoltaico On-grid

En primer lugar se debe determinar cuál es la cantidad de paneles a utilizar por cada uno de los 120 hogares en estudio. Para determinar el número de paneles por cada hogar es necesario tener la información respectiva a la irradiación de la zona de donde está la comuna de Rancagua. Esta información está disponible en el Registro Solarimétrico elaborado por la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM).

Este registro entrega la irradiación mensual por cada metro cuadrado en la comuna de Rancagua (Tabla 4.1, Figura 4.14). Dado que un panel solar tiene un área de 1 metro cuadrado, es posible determinar la captación de energía solar y la posterior generación de electricidad. Es necesario hacer la diferencia entre irradiación y radiación. La Agencia Internacional de Energía define la radiación como el proceso de la transferencia de energía que se recibe del sol en forma de ondas electromagnéticas. En cambio, define a la irradiación o irradiancia como la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de área.

Tabla 4. 1 Irradiación global anual y mensual de la Sexta Región (KWh/m²)

IRRADIACION GLOBAL MENSUAL Y ANUAL, EN PLANO HORIZONTAL, PARA LA VI REGION (KWh/m ²)													
VI Región	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Central Rapel	2782,4991	2206,337775	1965,43032	1374,864962	904,9333813	709,7587324	808,0662586	1167,446885	1578,32193	2061,577242	2420,957868	2723,442564	20703,63702
Pte. Arqueado	2778,17789	2217,5009	1915,016205	1279,078142	825,3510983	653,5830032	757,2920418	1109,110551	1521,7861	2069,859561	2422,758372	2726,323371	20275,83723
Rengo	2957,868203	2320,849838	2009,362622	1445,444725	951,0262874	632,3370544	790,0612171	1089,665106	1548,793662	2015,844436	2655,743608	2950,666187	21367,66295
Popeta	2814,908174	2262,153403	1987,756572	1312,567519	812,7475693	557,7961829	726,3233705	1073,82067	1460,92906	1153,402953	2525,027008	2907,814188	19595,24667
San Fernando	2732,084984	2115,592366	1861,361181	1200,21606	694,9945985	563,917897	693,1940943	1013,323731	1385,307886	1943,824271	2307,526107	2702,196615	19213,53979
Convento viejo	2742,167807	1900,972272	1712,639539	1164,566079	689,5930861	447,2452287	662,9456248	840,1152323	1567,518905	2055,095427	2467,770976	2566,438603	18817,06878
Promedio	2801,28436	2170,567759	1908,594406	1296,122914	813,1076701	594,1063498	739,6471012	1048,913696	1510,442924	1883,267315	2466,630657	2762,813588	19995,49874

Fuente: UTFSM (2015)

Para complementar lo anterior podemos observar de manera gráfica cual es la irradiación solar por cada mes en la Sexta Región.

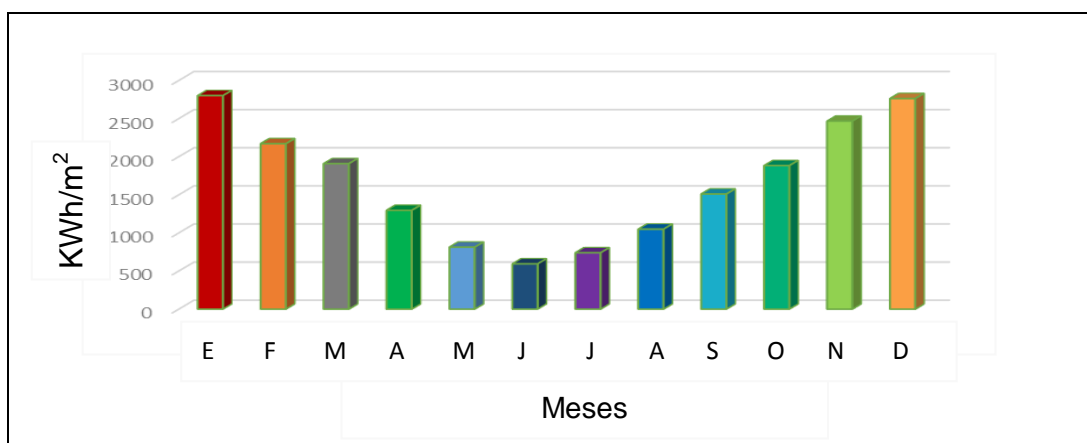


Figura 4.14. Promedio de Irradiación Mensual para la Sexta Región (KWh/m²)

Fuente: UTMSF (2015)

Para determinar la producción de energía, es necesario tener la irradiación solar para la comuna de Rancagua. Las siguientes tablas fueron obtenidas del Registro Solarmétrico elaborado por la UTFSM para el año 2015.

Tabla 4. 2 Irradiación mensual para la ciudad de Rancagua.

IRRADIACION MENSUAL PARA LA CIUDAD DE RANCAGUA (KWh/m ² día)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
116,7	90,4	79,5	54	33,9	24,8	30,8	43,7	62,9	78,5	102,8	115,1

Fuente: UTFSM (2015).

A lo anterior se debe considerar las pérdidas de cada panel por concepto de inclinación y/o sombra.

Tabla 4. 3 Irradiación mensual para la ciudad de Rancagua incluyendo pérdidas.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Irradiación Total	116,7	90,4	79,5	54	33,9	24,8	30,8	43,7	62,9	78,5	102,8	115,1
Irradiación – 13% Pérdidas	101,5	78,6	69,1	46,9	29,4	21,5	26,7	38	54,7	68,2	89,4	100,1

Fuente: UTFSM (2015).

Para complementar lo anterior es necesario tener información de las horas disponibles de luz solar en la ciudad en estudio. La tabla 4.4 muestra las horas diarias de sol disponibles por mes durante el año 2015.

Tabla 4. 4 Horas solares pico diarias por mes en la ciudad de Rancagua.

		HSP Mensuales (h)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fuente:	HSP (h)	10,1	8,5	7,2	5,2	4,5	3,8	3,1	3,7	5,9	7,9	8,8	9,6

Fuente:
te:

UTFSM (2015).

Con los datos anteriores y con la eficiencia de un panel solar es posible determinar cuál es la cantidad de energía producida por un panel solar (KWh)

Para conocer el número de paneles solares que un hogar necesita se deben considerar los siguientes datos:

- Consumo diario del hogar. (KWh)
- Horas de sol disponibles en la región de estudio (HSP)
- Perdida del panel. (Porcentaje)
- Producción de electricidad de un panel solar. (W)

A continuación se especifica la fórmula utilizada para el cálculo de número de paneles.

$$\text{Número de paneles} = \frac{(\text{Consumo diario}) * \text{FP}}{\frac{\text{HSP}}{\text{Producción por panel}}}$$

Donde:

FP: factor de perdida incluyendo el 10%

HSP: horas solares pico.

A modo de ejemplo, ya que en el anexo se incluye el listado de los 120 hogares con su respectivo número de paneles, se presenta el cálculo del número de paneles para un hogar con consumo promedio mensual de 180 KWh.

En efecto el consumo diario asciende a la cantidad de 6KWh (30 días). Para eliminar las unidades se multiplica por el factor 1000, ya que un panel solar tiene como especificación de generación, la unidad Watt (W). De este modo, el consumo queda en 6000 Wh.

La tabla 4.4 que muestra la cantidad de horas solares pico (HSP) para la comuna de Rancagua., tiene como promedio el valor de 6,52 HSP disponibles al día.

Luego, el valor del consumo diario de 6000 Wh es dividido por el promedio de HSP de 6,52, dando como resultado el valor de 920,24 W.

Para hacer más eficiente el cálculo, se debe considerar el factor de pérdida de un panel. La UTFSM, en su Registro Solarmétrico, especifica que el factor de pérdida queda establecido en 1,1 para el año en que se publica dicho registro (2015). Este registro solo considera solo un 10% de pérdidas. Así, el valor anterior queda en 1012,26 W.

Finalmente este valor, debe dividirse por la cantidad que produce un panel. Para esto, se utilizara un panel con una producción de 160 watts, ya que es el tamaño estándar que se usa en el área residencial.

Así, el valor de 1012,26W dividido en 160 W, da la cantidad de 6,3 paneles solares. Lo cual se aproxima a 7.

A continuación, en la tabla 4.5 se muestra un resumen del número de paneles a necesitar para este proyecto, incluyendo los 120 hogares. Cabe mencionar que el mínimo y máximo de paneles a necesitar están en función de los hogares con la menor y mayor necesidad de consumo eléctrico respectivamente.

Tabla 4. 5 Número de paneles por hogar.

Resumen	Número de paneles
Promedio	6
Min	3
Max	9
Total (120 hogares)	674

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Necesidades de equipos y maquinarias

A continuación se muestra en detalle el tipo de equipos a utilizar y su cantidad para la ejecución de este proyecto.

Tabla 4. 6 Cantidad total de equipos para el proyecto.

Equipo	Cantidad
Panel solar	674
Inversor de corriente	120
Estructura de soporte	120
Cableado	A determinar en visita previa a instalación.
Caja de distribución	120
Medidor bidireccional	120

Fuente: Elaboración propia.

La marca y modelo de cada equipo se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4. 7 Marca y modelo de equipos necesarios en la instalación.

Equipo	Marca	Modelo	Resolución	Empresa
Panel solar	Hareon Solar	HR-160-24/Aa	6482/2014	Tritec-intervento SPA
Inversor de corriente	KACO	Powador1000 Supreme	7135/2014	Tritec-intervento SPA
Medidor bidireccional	Kampstrup	382 MX-7	6141/2014	Tritec-intervento SPA

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Necesidades de personal

El personal necesario para la realización del proyecto, tanto para las visitas previas, instalación y para la puesta en marcha será personal de la empresa “Kaltemp”, empresa seleccionada como proveedor de insumos e instalación de los sistemas solares de generación de electricidad.

Esta empresa, cuenta con personal altamente calificado y con experiencia, tanto en la venta de insumos, apoyo para proyectos e instalación de proyectos residenciales.

En reunión con representantes de “Kaltemp”, se obtuvo información de la cantidad de personal necesario para la implementación de este proyecto.

A continuación se detalla el cargo del personal y la cantidad respectiva para la ejecución de este proyecto en plazos estipulados.

Tabla 4. 8 Personal para la instalación del proyecto.

Tipo de cargo	Cantidad
Jefe de proyecto	1
Supervisor eléctrico y de materiales	2
Maestro instalador (2 por cada vivienda)	10
Inspector organismo fiscalizador	2

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que tanto los supervisores y maestros estarán durante todo el periodo de instalación. El jefe de proyecto solo visitará los avances una vez por semana. En este contexto, la empresa instaladora menciona que 10 maestros serán los encargados de la instalación del proyecto en 5 casas de manera simultánea, es decir, 2 maestros por cada vivienda a la semana. Por lo tanto, la duración estimada de la instalación será de 24 semanas, pudiendo extenderse por motivos climáticos o de fuerza mayor.

4.3 Techumbre del lugar de instalación

En esta sección se dan a conocer las obras físicas necesarias para la instalación e implementación del proyecto. Se puede mencionar que estas obras no son altamente complejas, ya que para la instalación de los paneles solares solo es necesario el techo del hogar.

Para que la estructura de soporte de los paneles solares pueda ser instalada, es necesario un tipo de techumbre que pueda soportar dicha estructura y no presente fallas de fatiga o rompimiento de material en la etapa de instalación.

Para ejecutar la instalación se recomienda tener como mínimo techumbre de tipo “Zinc”. Esta techumbre es recomendada, ya que es la más usada en el tipo de viviendas en estudio, especialmente por su precio. Sin embargo, la construcción original de la techumbre de estas viviendas, tenían techos de “pizarreño”. Aun así, con el paso de los años, cada dueño de los hogares han invertido en el cambio de techumbre a las anteriormente recomendadas.

Con respecto a las visitas en las 120 viviendas, se pudo observar que solo 35 viviendas de las encuestadas tenían techo de pizarreño. Luego de esto, se recomendó a los jefes de hogar en invertir en el cambio de techumbre para poder realizar la instalación de los paneles solares. Dado que los 120 encuestados están dispuestos a participar en este proyecto, los 35 jefes de hogar con techo de pizarreño están dispuestos a cambiar su techumbre cubriendo ellos el costo de dicho cambio.

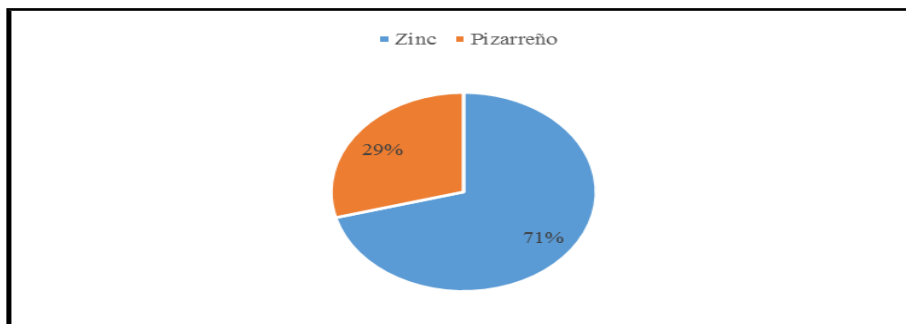


Figura 4 15. Tipo de techumbre en los hogares.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4 16. Techumbre de material PIZARREÑO.

Fuente: Fotografía con cámara propia.



Figura 4 17. Techumbre de material ZINC.

Fuente: Fotografía con cámara propia.

Finalmente, es necesario explicar brevemente cual es el proceso para la conexión y entrada a la Ley 20.571 (Ley de generación distribuida).

El diagrama de la figura 4.18 explica de manera gráfica cuales son las etapas para la puesta en marcha de los Sistemas de Generación de Electricidad residenciales en base a ERNC.

A continuación se enumeran las 9 etapas posteriores a la solicitud de información por parte del cliente residencial a la empresa distribuidora, y a la respectiva respuesta por parte de dicha empresa.

1. Solicitud de conexión (SC) (Cliente).
2. Respuesta a la SC (Distribuidora).
3. Manifestación de conformidad (Cliente).
4. Ejecución de instalación de equipos de generación (EG) (Instalador eléctrico autorizado por SEC).
5. Declaración de puesta en servicio s SEC (Cliente/Instalador).
6. Notificación de conexión (Cliente).
7. Firma de contrato (Cliente y Distribuidora).
8. Protocolo de conexión de un EG (Instalador y Distribuidora).
9. Conexión del Equipamiento (Distribuidora).

Cada una de las etapas tiene como resultado un formulario, el cual es el respaldo para la etapa siguiente y para la carpeta final que el cliente debe almacenar en su poder. Todo el proceso de conexión a la Ley 20.571 tiene una duración aproximada de 9 meses.

4.4 Diagrama de Ley 20.571

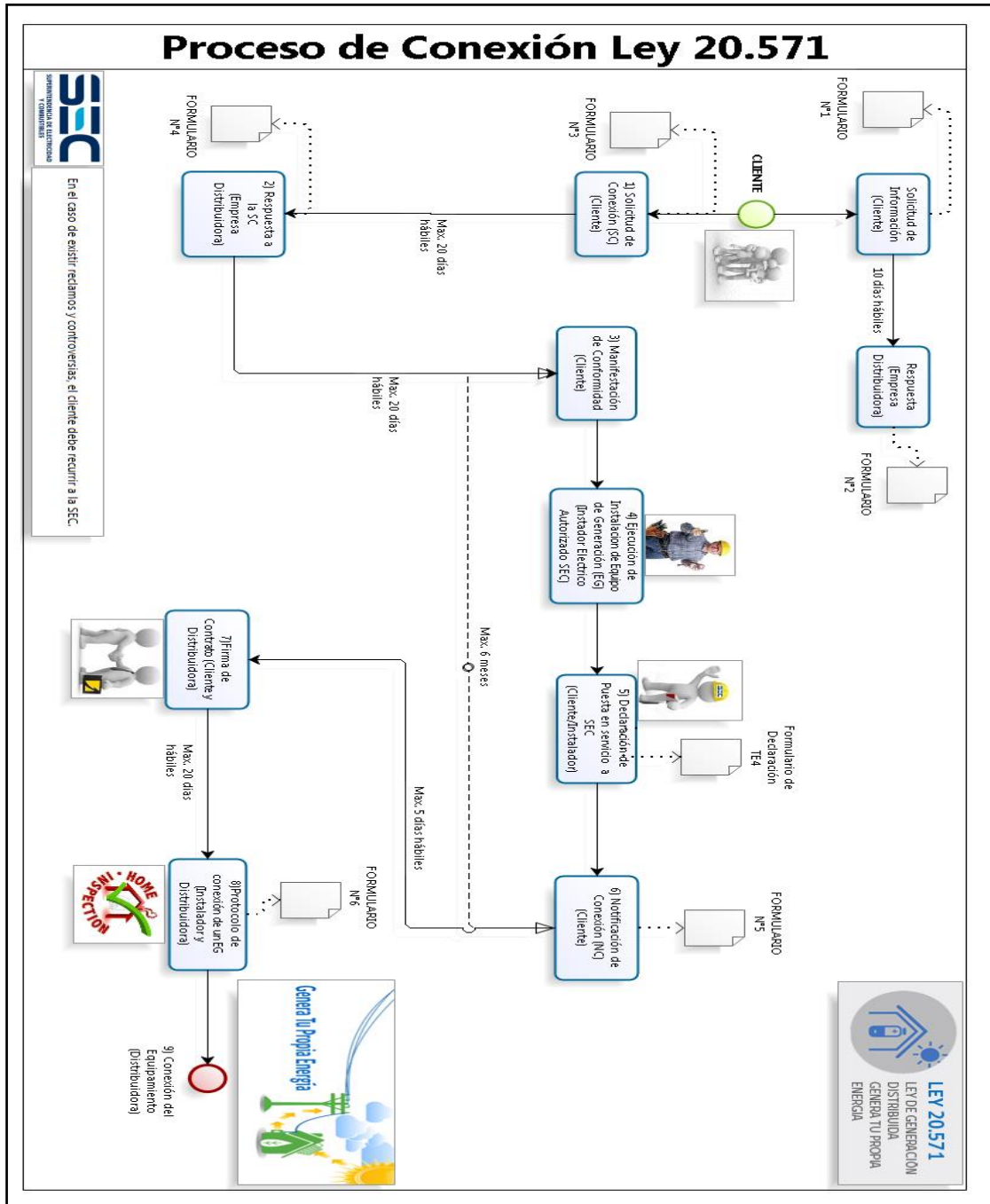


Figura 4 18. Diagrama proceso de conexión Ley 20.571.

Fuente: SEC.

Capítulo 5

5 Estudio económico y financiero

El estudio económico financiero conforma la tercera y cuarta etapa de la evaluación de este proyecto, en el que se figura de manera sistematizada y ordenada la información de carácter monetario en base al resultado obtenido en el previo estudio técnico, el cual será de gran utilidad en la evaluación de la rentabilidad económica del proyecto.

Este estudio en especial, comprende el monto de los recursos económicos necesarios que implica la realización del proyecto previo a su puesta en marcha, así como la determinación del costo total requerido en su periodo de operación.

La evaluación económica, busca determinar el monto de inversión inicial necesario para implementar el proyecto, determina los egresos en los que se debe incurrir para la puesta en marcha y operación del servicio del proyecto a lo largo de un horizonte de tiempo determinado. Así mismo, se deben calcular los beneficios que el proyecto espera recibir por la operación del servicio a lo largo del horizonte de tiempo determinado. Finalmente, se evalúa la rentabilidad del proyecto, bajos tales montos de inversión, beneficios y egresos.

La cuarta etapa contempla el estudio financiero de este proyecto. Este estudio se basa principalmente en el desarrollo de dos flujos de caja neto, uno considerando la inversión inicial a través de un deuda, y el otro considerando la inversión inicial sin deuda, es decir, utilizando un financiamiento tripartito, el cual será detallado en este capítulo.

Es importante mencionar que tanto los beneficios, egresos y flujos de caja serán calculados para una vivienda promedio, ya que es más simple de entender y explicar. Sin embargo, la explicación a cada jefe de hogar será realizada de manera individual para su mejor comprensión y aceptación.

5.1 Estudio económico

5.1.1 Horizonte de tiempo y extensión de los periodos.

El horizonte de tiempo determinado para evaluar el proyecto será de 10 años. Este horizonte es lo suficientemente extenso como para cubrir las consecuencias relevantes de la decisión de inversión, además de ser un horizonte de referencia para proyectos de índole residencial. Además, el empresa proveedora e instaladora de este proyecto indica que para este tipo de proyectos, el número de años que ha utilizado para todos los proyectos residenciales es de 10 años.

La extensión de los periodos para el proyecto será anual, ya que éstos son representativos para un proyecto con las dimensiones mencionadas a lo largo de este estudio. No es posible utilizar un periodo menor a un año, ya que no entregaría resultados reales debido a que se debe considerar las variaciones dependiendo de factores como las estaciones del año.

5.1.2 Moneda de evaluación.

Para este proyecto se utilizará como moneda de evaluación el dólar, ya que comúnmente se utiliza este tipo de moneda para cuantificar el monto de inversión total en proyectos de esta índole. El valor de referencia del dólar es de \$685,21, éste es el valor promedio durante los meses de Enero a Julio del 2016. Este valor es modificable ajustándose a una fecha actual para la realización de este proyecto.

5.1.3 Valorización económica de la inversión del proyecto.

5.1.3.1 Inversión inicial.

La inversión inicial son egresos relacionados con la implementación física de un sistema de generación de electricidad con energía solar, donde se incluyen todos los elementos necesarios para su funcionamiento inicial.

A continuación se detallan los montos de todos los bienes muebles e inmuebles con su respectiva calendarización de implementación, estos bienes incluyen las necesidades de obras físicas, equipos y maquinarias para el proyecto, y necesidades de personal.

- Obras físicas

La única obra física para este proyecto es la estructura de soporte para los paneles solares que tendrá la instalación en cada hogar. El costo de cada estructura se muestra a continuación en la tabla 5.1, y el de los equipos en la tabla 5.2.

Tabla 5. 1 Costo de obras físicas.

Obra física	Cant.	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (US\$)	Lugar de cotización	Año implementación
Estructura de soporte	120	2.980	357.600	521,88	Kaltemp	Año 0
Total			357.600	521,88		

Fuente: Elaboración propia en base a cotización en empresa proveedora.

Tabla 5. 2 Costo de equipos.

Equipos	Ca nt.	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (US\$)	Lugar de cotización	Año implementación
Panel solar	674	99990	67.393.260	98.354,17	Kaltemp	Año 0
Inversor de corriente	120	69990	8.398.800	12.257,26	Kaltemp	Año 0
Medidor bidireccional	120	19980	2.397.600	3.499,07	Kaltemp	Año 0
Caja de distribución	120	950	114.000	166,37	Kaltemp	Año 0
Total			78.303.660	114.276,87		

Fuente: Elaboración propia en base a cotización en empresa proveedora.

Se menciona que tanto el monto del cableado como los equipos de instalación, como escaleras, herramientas manuales, equipos de seguridad y montaje, están incluidos en el valor de instalación por hogar que la empresa instaladora ofrece.

Tabla 5. 3 Costo de instalación por hogar.

Servicio	Cant.	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (US\$)	Lugar de cotización	Año implementación
Instalación por vivienda	120	150.000	18.000.000	26269,32	Kaltemp	Año 0
Total			18.000.000	26269,32		

Fuente: Elaboración propia en base a cotización en empresa proveedora.

Los costos de la Tabla 5.3 incluyen lo siguiente:

- Mano de obra: jefe de proyecto, supervisor eléctrico y maestro instalador.
- Cableado.
- Equipos de seguridad y montaje.
- Herramientas manuales.
- Costos de transporte: material, equipos y personal.

Para resumir la sección anterior, se presenta la tabla 5.4, que muestra los montos totales de inversión para los 120 hogares que participan en el proyecto.

Tabla 5. 4 Monto total inversión 120 hogares.

Equipo	Cant.	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)	Valor total (US\$)
Panel solar	674	\$ 99.990	\$ 67.393.260	98.354,17
Inversor de corriente	120	\$ 69.990	\$ 8.398.800	12.257,26
Estructura	120	\$ 2.980	\$ 357.600	521,88
Caja distribución	120	\$ 950	\$ 114.000	166,37
Medidor bidireccional	120	\$ 19.980	\$ 2.397.600	3.499,07
Valor instalación	120	\$ 150.000	\$ 18.000.000	26.269,32
Valor autorización SEC	120	\$ 20.000	\$ 2.400.000	3.502,58
Total			\$ 78.661.260	144.570,66

Fuente: Elaboración propia.

Se debe mencionar que la empresa KALTEMP ofrece un mantenimiento anual de cada instalación de manera gratuita para cada hogar durante 5 años. Lo anterior como manera de garantía del proyecto.

5.1.3.2 Beneficios

Los beneficios de un proyecto se definen como lo que se espera recibir. Desde el punto de vista económico, llamaremos a los beneficios como ingresos al proyecto. Una particularidad de este proyecto es que existen dos tipos de beneficios. El primer beneficio, llamado ahorro, está basado en la disminución del valor de las boletas de electricidad que mensualmente cada jefe de hogar debe cubrir. Este beneficio se logra mediante el uso de los paneles solares, y la producción de éstos, es decir, que si el SGE (sistema de generación de electricidad) produce energía eléctrica, cada jefe de hogar pagará un menor valor a la Compañía General de Electricidad. El segundo beneficio también se logra mediante el uso de energía solar, pero a diferencia del anterior, este beneficio se produce cuando la generación de electricidad es mayor al consumo de cada hogar, es decir, que si el SGE produce más que el consumo, el monto a cancelar de una boleta será cero, y además el gobierno subsidia ese exceso de energía, mediante el pago de KWh en la escala 1:1. Lo mencionado anteriormente se puede entender de mejor manera en el apartado 4.2.1 en las figuras 4.8 y 4.9. A continuación se muestra la tabla 5.5 con la estimación de beneficios a percibir de este proyecto. Esta tabla presenta el beneficio promedio anual de un hogar.

Tabla 5. 5 Beneficios estimados a percibir.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Beneficio total (\$)	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de beneficios a percibir se considera el consumo mensual de un hogar (186 KWh), consumo anual de un hogar (2232 KWh) y el valor de \$120 por KWh. Dado que se espera que la producción de electricidad usando energía solar sea un 25% del consumo, es que el valor anual se reduce a este porcentaje. Y el producto de este resultado con el precio de cada KWh, entrega el beneficio anual esperado. Para el primer año, o año de inversión inicial se considera el año 2016. Además, es importante mencionar que se mantiene constante el beneficio percibido en cada año del

horizonte de tiempo determinado, dado que el precio del KWh no crece mucho año tras año. En el anexo de este proyecto se muestra en detalle los beneficios promedios anuales para cada hogar, teniendo en cuenta que “Producción=Ahorro”.

5.1.3.3 Egresos

En este proyecto solo se consideran 2 tipos de egresos, uno es el monto de inversión inicial, los cuales son efectuados en el momento previo a las correspondientes visitas técnicas de la empresa seleccionada para la instalación de los sistemas de generación de electricidad. El segundo egreso es aquel que debe cancelar a la SEC, que es la que autoriza la instalación y el ingreso a la Ley 20.571.

La tabla 5.6 muestra el monto total de inversión de una vivienda promedio. Esta vivienda promedio se define como la vivienda con un consumo promedio mensual de 180 KWh, y un gasto promedio que asciende al valor de \$22.000 mensuales. Del mismo modo, esta vivienda tiene un ingreso económico promedio de \$371.000 mensuales. Finalmente esta vivienda utilizará un promedio de 6 paneles por casa. Estos montos de la tabla 5.6 son con la referencia de las tablas mencionadas en la sección 5.1.3.1

Tabla 5. 6 Inversión inicial de un hogar promedio.

Equipo	Valor (\$)
Panel solar	599.940
Estructura de soporte	2.980
Inversor de corriente	69.990
Caja de distribución	950
Medidor bidireccional	19.980
Valor instalación	150.000
Inspección SEC	20.000
Total	863.840

Fuente: Elaboración propia.

El monto a cancelar a la SEC para la autorización de la instalación asciende a \$20.000 por cada vivienda.

5.2 Estudio financiero.

Este estudio corresponde a la última etapa de este proyecto. Este estudio tiene por objetivo determinar la rentabilidad de la inversión realizada por cada jefe de hogar. Para esto se elaborarán dos FCN (Flujo de Caja Neto), cada uno considerando dos indicadores de rentabilidad, VAN y TIR.

El primer FCN se elabora considerando que la inversión será financiada por una deuda adquirida por el jefe de hogar a una institución financiera. El otro FCN considera una inversión tripartita. Este último aspecto es el que da un valor especial a este proyecto.

Una inversión tripartita tiene la participación de tres aportes. Es importante detenerse en este punto. Actualmente, muchos organismos públicos y privados están contribuyendo al medio ambiente, mediante el concepto de RSE (Responsabilidad Social Empresarial). En particular, contribuyendo al uso de ERNC. Es aquí donde se aprovechara dicha instancia para buscar financiamiento para este proyecto.

Dentro de los 3 participantes, se puede encontrar a un organismo privado, que para este proyecto fue la empresa CODELCO, que a través de su Fondo de Inversión Social (FIS), colabora en proyectos como el que se presenta en este informe. En conversaciones con los directores del departamento de Vinculación con la sociedad de CODELCO, se logró conocer que su porcentaje de aporte es de un 50% del monto de inversión.

El segundo participante del aporte tripartito, es el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), que a través del Servicio Regional de Vivienda y Urbanismo (SERVIU), logran apoyar proyectos que contribuyen al uso de ERNC, con un porcentaje de aporte de un 30% del monto de inversión.

Finalmente, el último participante es el propio jefe de hogar, ya que también es incluido como requisito para que los dos participantes anteriores realicen dichos porcentajes de aporte. El jefe de hogar debe aportar lo que resta para el monto total, este porcentaje es de un 20% del monto de inversión.

A continuación se presentan los dos flujos de caja neto para este proyecto. Es muy importante mencionar que los FCN realizados corresponden a un hogar con ingresos y consumos medios, ya que para efectos de esta tesis, es imposible realizar uno para cada jefe de hogar. Sin embargo, para una futura puesta en marcha se pretende tener un flujo para cada jefe de hogar.

5.2.1 Flujo de caja neto con servicio de deuda.

Para poder elaborar este FCN, se consideró adquirir la deuda en un Banco. Sin embargo, ninguna institución accedió a realizar una simulación formal de crédito, por lo tanto, se tomó la decisión de realizar una simulación vía on-line en el mismo sitio de dicha institución. La institución seleccionada fue la que ofreciera la menor tasa de interés. En efecto la institución seleccionada fue el Banco “BBVA”. A continuación se muestra una imagen de como evidencia de la simulación.

BBVA
Detalles Simulación Crédito de Consumo BBVA

Tipo de Crédito: Consumo Tipo de tasa: Tasa Fija

Condiciones

Valor Cuota: \$ 23.519 mensuales

Monto Solicitado:	\$ 850.000	Impuestos:	\$ 3.544
Plazo:	60 meses	Notario:	\$ 1.200
Tasa Interés Mensual:	1,60%	Seguros Asociados:	\$ 31.294
C.A.E.:	21,24%	Seguro de Desgravamen:	\$ 31.294
Meses de Gracia:	1	Seguro de Cesantía:	(No Solicitado)
Fecha primer Pago:	18/9/2016	Monto Bruto del crédito:	\$ 886.039
		Costo total del crédito:	\$ 1.411.140

Los valores entregados son referenciales y no constituyen una aprobación de las condiciones del crédito simulado. Su otorgamiento definitivo está sujeto al cumplimiento de los requisitos establecidos en las políticas crediticias de BBVA, publicadas en este mismo sitio web. Los gastos notariales son referenciales y corresponden al costo de legalización del pagaré del crédito en una sucursal de Santiago, para operaciones formalizadas en regiones, éste valor puede variar. Para contratar un crédito de consumo, no es necesario contratar un Plan de Productos, seguros ni otros servicios, no obstante, las tasas utilizadas en este simulador consideran la contratación de un plan de cuenta corriente.
 Infórmese sobre la garantía estatal de los depósitos en su banco o en www.sbif.cl

Figura 5. 1 Evidencia simulación crédito.

Fuente: BBVA.

Considerando de manera aproximada, una inversión inicial de \$870.000 promedio por hogar, el FCN con servicio a la deuda es el siguiente.

Tabla 5. 7 Flujo de caja neto con servicio a la deuda.

	Año 0 (S)	Año 1 (S)	Año 2 (S)	Año 3 (S)	Año 4 (S)	Año 5 (S)	Año 6 (S)	Año 7 (S)	Año 8 (S)	Año 9 (S)	Año 10 (S)
+ Ingreso (Beneficio)	-	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857
- Egresos (Fijos o variables)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Depreciación legal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= UAI	-	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857
- Impuestos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= UDI	-	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857
+ Depreciación legal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= Flujo de caja operacional	-	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857
- Inversión inicial	870.000										
+ Deuda	870.000										
- Pago deuda	-	285.805	285.805	285.805	285.805	285.805	-	-	-	-	-
= Flujo de caja neto	-	220.948	220.948	220.948	220.948	220.948	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857

VAN	-\$ 632.560
TIR	-----

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Flujo de caja neto sin servicio de deuda.

Es importante mencionar que para la realización de este FCN se considera como inversión solo el 20% de la inversión total, ya que en este punto es donde se aprecia el financiamiento tripartito, el cual es explicado en el inicio de esta sección. Por lo tanto, el monto de inversión inicial asciende a la suma de \$174.000.

Tabla 5. 8 Flujo de caja neto sin servicio a la deuda.

	Año 0 (S)	Año 1 (S)	Año 2 (S)	Año 3 (S)	Año 4 (S)	Año 5 (S)	Año 6(S)	Año 7 (S)	Año 8 (S)	Año 9 (S)	Año 10 (S)
+ Ingreso (Beneficio)	-	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857
- Egresos (Fijos o variables)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Depreciación legal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= UAI	-	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857
- Impuestos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= UDI	-	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857
+ Depreciación legal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= Flujo de caja operacional	-	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857
- Inversión inicial	174.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+ Deuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Pago deuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= Flujo de caja neto	174.000	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857	64.857

VAN	\$ 151.502
TIR	35%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en los dos FCN anteriores, básicamente la diferencia está en el pago de deuda. En el primer caso, no existe una salida inicial de dinero, pero si una fuerte salida durante los primeros 5 años asociado a la deuda. En cambio, en el segundo caso, hay una salida inicial más baja, pero con saldos positivos desde el primer año en adelante.

A continuación se realiza un análisis de sensibilidad para los FCN con deuda y sin ella. Este análisis se realiza en función de los valores mínimos y máximos de las viviendas en estudio, tanto de ingreso al proyecto como de inversión inicial. El resultado de este análisis afecta directamente a los indicadores VAN y TIR. Cabe mencionar que este análisis sirve para comparar los FCN, pero en función de los valores mínimos y máximos de las 120 viviendas en estudio. Del mismo modo, sirve para comparar los indicadores al adquirir una deuda o no.

Tabla 5. 9 Análisis de sensibilidad para FCN.

FCN C/D para vivienda		FCN S/D para vivienda	
VAN MIN	TIR MIN	VAN MIN	TIR MIN
-\$748.479	-----	\$96.784	35%
VAN MAX	TIR MAX	VAN MAX	TIR MAX
-\$432.296	-----	\$292.966	44%

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Indicadores de rentabilidad

Para poder 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), la cual refleja un porcentaje de retorno. Esta última se puede comparar con alguna tasa de la industria cercana a este proyecto. Para estos indicadores se consideran solo los valores correspondientes a una vivienda promedio, es decir, ingreso promedio al proyecto, el cual está en función de consumo promedio mensual, número promedio de paneles, inversión inicial promedio, entre otros.

Como se puede ver en la tabla 5.10, los indicadores VAN y TIR al adquirir una deuda poseen un signo negativo, -\$632.560 y - 22% respectivamente (no se incluye por su signo). Lo anterior indica que no es una buena decisión adquirir deuda. Esto se debe a que la TIR (negativa) es mucho menor a la tasa de retorno de una empresa de generación de electricidad, la cual asciende a 15%. Lo anterior sucede debido a que los primeros años existe un alto desembolso respecto a los ingresos, y se debería ampliar el horizonte de tiempo para recuperar toda la inversión.

Análogamente, en la tabla 5.10, los indicadores VAN y TIR (sin deuda) poseen signo positivos, \$151.502 y 35% respectivamente. Esto es muy diferente a lo anterior, ya que da un respaldo para invertir en este proyecto con una inversión inicial de un 20% del total de la inversión.

Tabla 5. 10 Resumen indicadores de rentabilidad.

FCN con deuda		FCN sin deuda	
VAN	TIR	VAN	TIR
-\$632.560	-----	\$151.502	35%

Fuente: Elaboración propia.

Es muy importante mencionar que el término “rentabilidad” esta exclusivamente ligado al jefe de hogar, y no a los otros dos miembros de la inversión tripartita. Lo anterior sucede ya que ni el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, ni el FIS de Codelco, buscan un retorno económico de este tipo de proyecto social.

5.3.1 Análisis de sensibilidad.

Para terminar con este capítulo se realiza un análisis de sensibilidad para los indicadores de rentabilidad. (Tabla 5.11, Tabla 5.12). Este análisis se realiza para tomar la decisión con la mayor certeza posible, ya que existen diferentes variables que pueden influir en que los indicadores de rentabilidad cambien para bien o para mal. Para este análisis solo se considera el FCN sin deuda, ya que para este proyecto es el óptimo para la toma de decisión sobre la inversión. En primer lugar, la variable que se utiliza para el análisis de variabilidad del VAN, es la Tasa de descuento de la industria.

Tabla 5. 11 Análisis de sensibilidad para indicadores VAN.

VAN	TASA DE DESCUENTO	TIR	
\$ 352.048	4%		
\$ 303.353	6%		
\$ 261.196	8%		
\$ 224.518	10%		
\$ 192.457	12%		
\$ 151.502	15%	35%	PROMEDIO
\$ 117.473	18%		
\$ 97.911	20%		
\$ 80.446	22%		
\$ 64.794	24%		
\$ 50.717	26%		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5.11 se puede observar que mientras menor es la tasa de descuento de la industria, el VAN es mayor. Así mismo, se puede mencionar que hasta una tasa de descuento del 34%, el proyecto se puede realizar ya que la TIR es 35%, punto donde las dos tasas son iguales.

En segundo lugar, se analiza la variabilidad del VAN y TIR en función de los valores mínimos y máximos, tanto de ingreso al proyecto como de inversión inicial. Estas variables del mismo modo están en función de los consumos y necesidades eléctricas mínimas y máximas.

Tabla 5. 12 Análisis de sensibilidad para indicador VAN y TIR

VAN	TIR	INGRESO AL PROYECTO	INVERSIÓN INICIAL	
\$ 292.966	44%	\$ 104.760	\$ 233.000	MAXIMO
\$ 245.715	42%	\$ 91.400	\$ 213.000	
\$ 198.966	39%	\$ 78.100	\$ 193.000	
\$ 151.502	35%	\$ 64.857	\$ 173.000	PROMEDIO
\$ 133.572	32%	\$ 57.100	\$ 153.000	
\$ 114.927	29%	\$ 49.400	\$ 133.000	
\$ 96.784	26%	\$ 41.760	\$ 113.000	MINIMO

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla 5.12 que mientras más alta es la inversión, más alto es el ingreso anual que recibe el jefe de hogar, dado que “producción=ahorro”. Por lo tanto, más alto es el VAN y la TIR. Sin embargo, aunque la inversión sea mínima, es decir, la vivienda con menor cantidad de paneles solares, su VAN sigue siendo positivo y la TIR sigue siendo mayor que la tasa de descuento actual de la industrial.

Capítulo 6

Conclusión

Actualmente en Chile se está incentivando a la utilización de ERNC, pero es necesario que se acelere el proceso para subsidiar a viviendas que usen este tipo de energías. Para contribuir a esto, el presente proyecto busca ayudar a viviendas que están dispuestas a colaborar con el medio ambiente, junto con lograr un ahorro económico a los jefes de hogar.

De acuerdo con los objetivos planteados en este proyecto, se pudo determinar que la demanda de electricidad es igual al consumo eléctrico de cada vivienda. Dado esto, se puede concluir que se ofrece lo que se consume, es decir, todo lo demandado por las viviendas es cubierto por el principal oferente en la zona (CGE), ya que no existe otro competidor ni sustituto en el mercado. Aunque esto otorga una brecha de demanda nula, es importante mencionar que este proyecto busca cubrir un porcentaje del consumo de cada vivienda con el fin de reducir los gastos económicos de cada familia, y reducir lo demandado a la CGE para que sea cubierto por el uso de ERNC.

Del mismo modo, se pudieron determinar todos los aspectos técnicos involucrados en un Sistema de Generación de Electricidad usando energía solar, pudiendo concluir que la mayor necesidad de implementos es la cantidad de paneles solares que se deben instalar en cada vivienda. Otro aspecto relevante, tiene relación con la opción que existe por cada jefe de hogar para adaptar la techumbre de cada vivienda con el fin de poder instalar los sistemas solares. Junto con lo anterior, cada jefe de hogar manifestó estar de acuerdo para realizar un cambio del tipo de iluminación para lograr una mayor eficiencia en la instalación de cada proyecto. En el aspecto técnico, es importante mencionar el potencial que posee la Sexta Región, dado sus características geográficas, pudiendo recibir energía solar gran cantidad de meses en el año.

Para finalizar, se logró determinar que el proyecto en estudio es rentable para el jefe de hogar, pero solo considerando un financiamiento tripartito. En efecto, solo contemplar el 20% del total de la inversión, ya que la inversión restante proviene del sector público y empresarial. En este punto, al realizar el proyecto de manera pura, es decir, no adquiriendo una deuda por el total de la inversión, el VAN de este proyecto es mayor a cero (\$151.502), lo que indicaría que después de descontar la inversión, sí se generarían ganancias para cada jefe de hogar. Así mismo, la TIR del proyecto asciende a 35%, la cual está por sobre la tasa de la industria, 15%. De lo contrario, si se adquiere una deuda por el total de la inversión inicial, ésta aumenta demasiado, lo que provoca una nula recepción por parte de cada jefe de hogar, dado el alto monto que debería solicitar a través de dicha deuda. Es por esto que el VAN da menor a cero (-632.560), y no garantiza la generación de ganancias luego de la inversión. Por consecuencia, la TIR es mucho menor a la tasa de la industria. Lo anterior entrega un apoyo para tomar la decisión de invertir o no. Finalmente, es importante mencionar, la voluntad que manifestó el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, y el FIS de CODELCO, para una posible implementación de este proyecto en la comuna de Rancagua en un futuro cercano.

En efecto, 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 siguen siendo altos, y se espera que el gobierno cree nuevas y fuertes políticas, para el uso de ERNC, para que así, los precios de tecnología bajen y el acceso al uso de estas energías sea más simple para personas con recursos más bajos.

La idea de este proyecto no solo es disminuir costos de energía para cada hogar, si no que crear una consciencia colectiva de eficiencia energética al realizar consumos conscientes y no desaprovechando la energía, es decir, usar solo lo que es necesario y sin mal utilizar los recursos disponibles.

Este proyecto es beneficioso para la comuna de Rancagua, dado que esta comuna tiene un alto potencial para la utilización de fuentes de energías limpias. Del mismo modo, otro beneficio que trae este proyecto es ir en ayuda del gran gasto económico que realiza cada familia en las boletas de energía eléctrica. Finalmente, es favorable para Rancagua, ya que sería la primera comuna en implementar ERNC (Energía solar fotovoltaica) residencial en un sector de la población de ésta misma. Además, es importante mencionar el aporte que haría una empresa a la implementación de este proyecto.

7 Referencias

- IEA (2006). Tópicos de energía. Recuperado 6 de abril de 2015
<http://www.iea.org/topics/renewables/subtopics/solar/>
- IEA (2008). Prensa. Recuperado el 9 de abril de 2015.
<http://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/>
- Madruga, R. P. (2007). Tendencias energéticas mundiales e implicaciones para los países subdesarrollados. *TEMAS DE ECONOMÍA MUNDIAL*, (11), p134.
- Castro, J. (2011). Perspectivas de la demanda energética global. *Petrotecnia*, (1), 54-70.
- Murcia, H. R. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería*, (28), 83-89.
- CNE (2015). Estadísticas. Recuperado el 9 de abril de 2015
<http://www.cne.cl/estadisticas/energia/electricidad>.
- Briano, J. & Fondo, C. (2014). *PV Grid Parity Monitor Chile*. (Informe 1).
CREARA ENERGY EXPERTS.
- Municipalidad de Rancagua (2014). Entrega de subsidios mejoramiento de la vivienda. Recuperado 7 de abril de 2015.
- German Energy Agency (2015). Topics. Recuperado el 10 de abril de 2015.
<http://www.dena.de/en/topics.html>.
- Ministerio de hidrocarburos y energía de Bolivia (2014). Programa de Electricidad para vivir con Dignidad (PEVD). Recuperado el 7 de abril de 2015.
<http://www2.hidrocarburos.gob.bo/index.php/viceministerios/electricidad-y-energias-alternativas.html>.

- Haas, R., Ornetzeder, M., Hametner, K., Wroblewski, A., & Hübner, M. (1999). Socio-economic aspects of the Austrian 200 kWp-photovoltaic-rooftop programme. *Solar energy*, 66(3), 183-191.
- Lazou, A. A., & Papatsoris, A. D. (2000). The economics of photovoltaic stand-alone residential households: a case study for various European and Mediterranean locations. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 62(4), 411-427.
- Erge, T., Hoffmann, V. U., & Kiefer, K. (2001). The German experience with grid-connected PV-systems. *Solar Energy*, 70(6), 479-487.
- Jahn, U., & Nasse, W. (2004). Operational performance of grid-connected PV systems on buildings in Germany. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 12(6), 441-448.
- Bhuiyan, M. M. H., Asgar, M. A., Mazumder, R. K., & Hussain, M. (2000). Economic evaluation of a stand-alone residential photovoltaic power system in Bangladesh. *Renewable energy*, 21(3), 403-410.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (1995). Preparación y evaluación de proyectos. *Mc Graw Hill*, 5ta edición.

8 Anexos

GLOSARIO

CCHC	: Cámara Chilena de la Construcción.
CDT	: Centro de Desarrollo Tecnológico.
CGE	: Compañía General de Electricidad.
CNE	: Comisión Nacional de Energía.
CODELCO	: Corporación nacional del cobre, Chile.
DENA	: Agencia Alemana de Energía.
ERNC	: Energía Renovable No Convencional.
FCN	: Flujo de caja neto.
FIS	: Fondo de inversión social de CODELCO.
FV	: Fotovoltaica.
HSP	: Horas solares pico.
IEA	: International Energy Agency (Agencia Internacional de Energía).
KWh	: Kilo-watts-hora
Net-metering	Medición neta que regula la autogeneración de energía con recursos renovables
OCDE	: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico. Sistema de generación de electricidad conectado a una red eléctrica
On-Grid	: disponible.
PEVD	: Programa de electricidad para vivir con dignidad (Bolivia).
RM	: Región Metropolitana.
SEC	: Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
SERVIU	: Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo.
SGE	: Sistema de Generación de Electricidad.
SIC	: Sistema Interconectado Central.
TIR	: Tasa Interna de Retorno.
TWh	: Tera-watts-hora.
VAN	: Valor actual neto.

Sondeo de Opinión

Tema: Estudio de factibilidad técnica económica para la instalación de un sistema de electricidad solar fotovoltaico On Grid en una villa de la comuna de Rancagua usando financiamiento tripartito.

Objetivo: Obtener resultados para la elaboración del Proyecto de título correspondiente a la carrera Ingeniería Civil Industrial de la UCSC.

Preguntas:

Pregunta Inicial:

- ¿Estaría dispuesto a invertir un porcentaje de dinero del total de la instalación del sistema solar fotovoltaico? (Este porcentaje es aproximadamente un 20% del total)

Sí

No

- De ser necesario, ¿Estaría dispuesto a invertir en el cambio del tipo de techumbre para la instalación del sistema solar fotovoltaico?

Sí

No

Solo si las respuestas anteriores fueron "SI", responder el resto de las preguntas.

- 1- ¿Cuál es su ingreso económico mensual promedio en los últimos 12 meses? (Aproximado)

\$ _____

- 2- ¿Cuál es su consumo en electricidad mensual promedio en los últimos 12 meses en pesos? (Aproximado) (Descontando cargo fijo, reliquidación y otros)

\$ _____

3- Porcentaje del ingreso económico mensual dedicado al gasto de electricidad

_____ %

4- ¿Cuál es su consumo en kwh mensual promedio en los últimos 12 meses?

_____ KWh

5- ¿Qué tipo de iluminación (ampolletas) posee en su hogar y en qué cantidad?

Convencional (incandescente) _____

Ahorro de energía _____

6- Si en su hogar posee solo iluminación convencional (incandescente), ¿Estaría dispuesto a cambiar sus ampolletas?

Sí _____

No _____

7- Dentro de los artefactos electrónicos que tiene en su hogar, ¿Cuántos de ellos son del tipo ahorro de energía?

_____ artefactos

8- Dentro de su hogar, ¿A qué le dedica más uso?

Iluminación _____

Artefactos eléctricos _____

9- ¿Cuál es el material de la techumbre de su hogar?

Zinc _____

Pizarreño _____

Otro _____

Listado total de proveedores (instaladores)

Instaladores				
Instalador	Clase	Correo	Empresa	Región
Ricardo Oliva	A	r.oliva@rame-energy.com	RameEnergy	RM
Hermes Bravo	A	ventas@greenpowerchile.cl	Greenpower	RM
Oliver Porras	A	oliver.porras1@gmail.com	Andes Voltaic	RM
Eduardo Saavedra Cea	A	esaavedra@solar-del-valle.cl	Solar del Valle	RM
Jose Pinol	B	josepino11e@gmail.com	Autoflame Chile Ltda.	RM
Gonzalo Quiroz	A	gquiroz@qelectra.cl	-	RM
Ignacio Canete Gonzalez	A	ignacio@andesvoltaic.com	Andesvoltaic	RM
Eduardo Soto Sepúlveda	A	Eduardo.soto@phineal.com	Phineal	RM
Fabian Zuñiga	A	fzuniga@kaltemp.cl	Kaltemp	RM
Camilo Villanueva	A	cvillanueva@penta-ingenieria.cl	Penta Ingeniería	RM
José Lobos	A	josemlobos@gmail.com	-	RM
Hans Henriquez	A	instalaciones@actisolar.cl	Actisolar	RM
Daniel Gustavo Espinoza	A	info@empresaere.cl	ERE ingeniería	RM
Cristian Ruiz Diaz	B	crdcam@gmail.com	-	RM
Guillermo Baltra	A	guillermo.baltra@globalaxxis.cl	Global axxis	V
Esteban Madriaga	B	esteban.madriaga.astudillo@gmail.com	Vincent Solar	V
Juan Béjares Escorcía	B	juan.bejares@1989@gmail.com	Dóminet	V
Horacio Henriquez Salazar	A	titieie@yahoo.es	-	V
Alan Retamal	A	aretamal@s-save.cl	s-save	V
Manuel Toledo Valdés	A	mtvinjeria@yahoo.es	-	VI
Alejandro Abarzúa Maturana	A	panel.solar@hotmail.com	-	VI
Cristian Castillo Castillo	A	cristiandr@msn.com	-	VI
Fabian Zuñiga Zapata	A	fabian.zuniga.z@gmail.com	-	VI
Camilo Román Pérez	A	camiloroman@rycelectric.com	Rycelectric	VI
Felipe Achurra	A	felipeachurraaleblanc@gmail.com	Solartrust	XV
Elizabeth Picarte Pachá	A	epicarte@nova.cl	R-NOVA	XV
Marco Hernandez Paredes	A	marcoherna@telsur.cl	-	XV
Libardo Hernandez	A	libardo.hernandez@gmail.com	oEnergy	VIII
Jorge Rubio V	A	jorgerubiovallejos@gmail.com	-	VIII
Eduardo Burboa	A	eburboa@teslaenergy.cl	Tesla Energy	IX
Allan Fernandez	A	alanfernandez12@gmail.com	Eergymas	IX
Rodrigo de la Fuente	A	rodrigo.delafuente@tritec-energy.com	TRITEC	II
Cristian Angulo	B	Acevedo.cr@gmail.com	-	II

Fono SEC **600 6000 732**

Desde Celulares **02-2 750 99 99**

Oficinas de SEC

Detalle del resumen del sondeo de opinión.

Estudio de mercado				
Resumen	Ingresos	Consumo (\$)	Porcentaje del Gasto con respecto al ingreso	Consumo (Kwh)
Promedio	\$ 371.000	\$ 21.658	6,21%	180,16
Moda	\$ 300.000	\$ 22.000	5,71%	183,00
Mediana	\$ 340.000	\$ 22.000	6,00%	183,00
Max	\$ 750.000	\$ 35.000	10,40%	291,00
Min	\$ 240.000	\$ 14.000	2,90%	116,00

Estudio técnico				
Tipo de iluminación	Cantidad de tipo de iluminación	¿Cambiaría Iluminación?	Cantidad de tipo de artefactos electrónicos	Mayor uso en el hogar
			5,13	
			4	
			5	
			8	
			2	
C= 8,33% (10)		Si= 35		I= 45% (54)
AE= 70,83% (85)		No= 0		Art.elec.= 55% (66)
C y AE = 20,83% (25)		N/A= 85		

Detalle del número de panel por hogar

N° Encuestado	Consumo mensual promedio (kwh)	Consumo promedio diaria (Wh)	Watt c/Horas pico disponibles	Watts c/Factor de Pérdida	Incluyendo Producción panel
1	133	4000	613,00	674,3	4,0
2	183	6000	920,00	1012	6,0
3	166	5000	766,00	842,6	5,0
4	183	6000	920,00	1012	6,0
5	183	6000	920,00	1012	6,0
6	250	8000	1226,00	1348,6	8,0
7	125	4000	613,00	674,3	4,0
8	166	5000	766,00	842,6	5,0
9	241	8000	1226,00	1348,6	8,0
10	241	8000	1226,00	1348,6	8,0
11	150	5000	766,00	842,6	5,0
12	183	6000	920,00	1012	6,0
13	150	5000	766,00	842,6	5,0
14	150	5000	766,00	842,6	5,0
15	141	4000	613,00	674,3	4,0
16	200	6000	920,00	1012	6,0
17	183	6000	920,00	1012	6,0
18	183	6000	920,00	1012	6,0
19	166	5000	766,00	842,6	5,0
20	166	5000	766,00	842,6	5,0
21	133	4000	613,00	674,3	4,0
22	166	5000	766,00	842,6	5,0
23	158	5000	766,00	842,6	5,0
24	158	5000	766,00	842,6	5,0
25	150	5000	766,00	842,6	5,0
26	183	6000	920,00	1012	6,0
27	183	6000	920,00	1012	6,0
28	183	6000	920,00	1012	6,0
29	183	6000	920,00	1012	6,0
30	166	5000	766,00	842,6	5,0
31	266	8000	1226,00	1348,6	8,0
32	183	6000	920,00	1012	6,0
33	133	4000	613,00	674,3	4,0
34	150	5000	766,00	842,6	5,0

35	133	4000	613,00	674,3	4,0
36	200	6000	920,00	1012	6,0
37	241	8000	1226,00	1348,6	8,0
38	241	8000	1226,00	1348,6	8,0
39	275	9000	1380,00	1518	9,0
40	133	4000	613,00	674,3	4,0
41	133	4000	613,00	674,3	4,0
42	116	3000	460,00	506	3,0
43	175	5000	766,00	842,6	5,0
44	283	9000	1380,00	1518	9,0
45	183	6000	920,00	1012	6,0
46	191	6000	920,00	1012	6,0
47	200	6000	920,00	1012	6,0
48	200	6000	920,00	1012	6,0
49	216	7000	1073,00	1180,3	7,0
50	191	6000	920,00	1012	6,0
51	133	4000	613,00	674,3	4,0
52	141	4000	613,00	674,3	4,0
53	133	4000	613,00	674,3	4,0
54	150	5000	766,00	842,6	5,0
55	183	6000	920,00	1012	6,0
56	166	5000	766,00	842,6	5,0
57	166	5000	766,00	842,6	5,0
58	141	4000	613,00	674,3	4,0
59	200	6000	920,00	1012	6,0
60	283	9000	1380,00	1518	9,0
61	200	6000	920,00	1012	6,0
62	275	9000	1380,00	1518	9,0
63	158	5000	766,00	842,6	5,0
64	166	5000	766,00	842,6	5,0
65	158	5000	766,00	842,6	5,0
66	183	6000	920,00	1012	6,0
67	150	5000	766,00	842,6	5,0
68	291	9000	1380,00	1518	9,0
69	183	6000	920,00	1012	6,0
70	175	5000	766,00	842,6	5,0
71	191	6000	920,00	1012	6,0
72	200	6000	920,00	1012	6,0
73	200	6000	920,00	1012	6,0
74	200	6000	920,00	1012	6,0

75	216	7000	1073,00	1180,3	7,0
76	133	4000	613,00	674,3	4,0
77	150	5000	766,00	842,6	5,0
78	216	7000	1073,00	1180,3	7,0
79	216	7000	1073,00	1180,3	7,0
80	200	6000	920,00	1012	6,0
81	183	6000	920,00	1012	6,0
82	133	4000	613,00	674,3	4,0
83	133	4000	613,00	674,3	4,0
84	133	4000	613,00	674,3	4,0
85	150	5000	766,00	842,6	5,0
86	200	6000	920,00	1012	6,0
87	183	6000	920,00	1012	6,0
88	183	6000	920,00	1012	6,0
89	158	5000	766,00	842,6	5,0
90	166	5000	766,00	842,6	5,0
91	150	5000	766,00	842,6	5,0
92	133	4000	613,00	674,3	4,0
93	200	6000	920,00	1012	6,0
94	141	4000	613,00	674,3	4,0
95	141	4000	613,00	674,3	4,0
96	150	5000	766,00	842,6	5,0
97	200	6000	920,00	1012	6,0
98	208	6000	920,00	1012	6,0
99	166	5000	766,00	842,6	5,0
100	175	5000	766,00	842,6	5,0
101	175	5000	766,00	842,6	5,0
102	175	5000	766,00	842,6	5,0
103	208	6000	920,00	1012	6,0
104	141	4000	613,00	674,3	4,0
105	200	6000	920,00	1012	6,0
106	200	6000	920,00	1012	6,0
107	183	6000	920,00	1012	6,0
108	191	6000	920,00	1012	6,0
109	283	9000	1380,00	1518	9,0
110	200	6000	920,00	1012	6,0
111	208	6000	920,00	1012	6,0
112	191	6000	920,00	1012	6,0
113	191	6000	920,00	1012	6,0
114	183	6000	920,00	1012	6,0

115	175	5000	766,00	842,6	5,0
116	141	4000	613,00	674,3	4,0
117	183	6000	920,00	1012	6,0
118	183	6000	920,00	1012	6,0
119	133	4000	613,00	674,3	4,0
120	183	6000	920,00	1012	6,0

Detalle beneficios a percibir por cada hogar

N° Encuestado	Consumo mensual promedio (kwh)	Consumo Anual(KWh)	Producción Energía solar	Producción =Ahorro
1	133	1596	399	47880
2	183	2196	549	65880
3	166	1992	498	59760
4	183	2196	549	65880
5	183	2196	549	65880
6	250	3000	750	90000
7	125	1500	375	45000
8	166	1992	498	59760
9	241	2892	723	86760
10	241	2892	723	86760
11	150	1800	450	54000
12	183	2196	549	65880
13	150	1800	450	54000
14	150	1800	450	54000
15	141	1692	423	50760
16	200	2400	600	72000
17	183	2196	549	65880
18	183	2196	549	65880
19	166	1992	498	59760
20	166	1992	498	59760
21	133	1596	399	47880
22	166	1992	498	59760
23	158	1896	474	56880
24	158	1896	474	56880
25	150	1800	450	54000
26	183	2196	549	65880
27	183	2196	549	65880
28	183	2196	549	65880
29	183	2196	549	65880
30	166	1992	498	59760
31	266	3192	798	95760
32	183	2196	549	65880

33	133	1596	399	47880
34	150	1800	450	54000
35	133	1596	399	47880
36	200	2400	600	72000
37	241	2892	723	86760
38	241	2892	723	86760
39	275	3300	825	99000
40	133	1596	399	47880
41	133	1596	399	47880
42	116	1392	348	41760
43	175	2100	525	63000
44	283	3396	849	101880
45	183	2196	549	65880
46	191	2292	573	68760
47	200	2400	600	72000
48	200	2400	600	72000
49	216	2592	648	77760
50	191	2292	573	68760
51	133	1596	399	47880
52	141	1692	423	50760
53	133	1596	399	47880
54	150	1800	450	54000
55	183	2196	549	65880
56	166	1992	498	59760
57	166	1992	498	59760
58	141	1692	423	50760
59	200	2400	600	72000
60	283	3396	849	101880
61	200	2400	600	72000
62	275	3300	825	99000
63	158	1896	474	56880
64	166	1992	498	59760
65	158	1896	474	56880
66	183	2196	549	65880
67	150	1800	450	54000
68	291	3492	873	104760
69	183	2196	549	65880
70	175	2100	525	63000
71	191	2292	573	68760
72	200	2400	600	72000

73	200	2400	600	72000
74	200	2400	600	72000
75	216	2592	648	77760
76	133	1596	399	47880
77	150	1800	450	54000
78	216	2592	648	77760
79	216	2592	648	77760
80	200	2400	600	72000
81	183	2196	549	65880
82	133	1596	399	47880
83	133	1596	399	47880
84	133	1596	399	47880
85	150	1800	450	54000
86	200	2400	600	72000
87	183	2196	549	65880
88	183	2196	549	65880
89	158	1896	474	56880
90	166	1992	498	59760
91	150	1800	450	54000
92	133	1596	399	47880
93	200	2400	600	72000
94	141	1692	423	50760
95	141	1692	423	50760
96	150	1800	450	54000
97	200	2400	600	72000
98	208	2496	624	74880
99	166	1992	498	59760
100	175	2100	525	63000
101	175	2100	525	63000
102	175	2100	525	63000
103	208	2496	624	74880
104	141	1692	423	50760
105	200	2400	600	72000
106	200	2400	600	72000
107	183	2196	549	65880
108	191	2292	573	68760
109	283	3396	849	101880
110	200	2400	600	72000
111	208	2496	624	74880
112	191	2292	573	68760

113	191	2292	573	68760
114	183	2196	549	65880
115	175	2100	525	63000
116	141	1692	423	50760
117	183	2196	549	65880
118	183	2196	549	65880
119	133	1596	399	47880
120	183	2196	549	65880

