UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

2016

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN UN CONDOMINIO SOCIAL

ARVEAR RIQUELME, ROSA MARINA

http://hdl.handle.net/11673/21839

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

SANTIAGO – CHILE

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO – ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN UN CONDOMINIO SOCIAL.

ROSA MARINA ARVEAR RIQUELME

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA: SRA. MARÍA PILAR GARATE

PROFESOR CORREFERENTE: SR. FRANCISCO DALL'ORSO

NOVIEMBRE DE 2016

Contenido

Agradecimientos 8
Resumen Ejecutivo 9
Definición de la Problemática 12
Objetivo General 12
Objetivos Específicos 12
Estructura del Marco Teórico 13
Energías Renovables v/s No Renovables. 13
Situación Energética en Chile. 13
Generación Eléctrica en Chile 14
Tarifas eléctricas. 21
Evolución de Tarifa de Electricidad en Chile. 23
Oportunidad de aprovechamiento. 25
La Radiación. 26
Explorador solar 28
Tecnologías. 28
La Energía Fotovoltaica. 30
Tipos de Panel Fotovoltaico. 31
La Energía Solar Térmica. 32
Tipos de colectores solares 32
Eficiencia Energética Para Artefactos de Producción Instantánea de Agua Caliente (CALEFONES). 36
Antecedentes del Proyecto. 39
Superficie disponible. 40
Marco legal del proyecto. 41
Ley 20.571 41
Ley 20.365 43
Ley 19.537 43
Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Título II, mejoramiento de la vivienda. 44

Herramienta para la Evaluación del Proyecto. 45
Propuesta Metodológica 46
Desarrollo 47
Aprovechamiento Fotovoltaico 47
Aprovechamiento Termo-Solar 63
Resultados 69
Conclusiones y Recomendaciones 75
Bibliografía 78
Anexos 79
Cotizaciones TermoSolar 85
Glosario 94

Figura 1: Matrices Energéticas de Chile al 2014. 13
Figura 2: Generación Eléctrica Histórica. 14
Figura 3: Matriz de Generación Eléctrica en relación a la Transformación efectiva del año 2014. 15
Figura 4: Reportes de Emisión para el SIC. 20
Figura 5: Factores de emisión para Combustibles en Chile. 21
Figura 6: Evolución de los precios de la electricidad para los hogares en Chile y la OCDE 2006-2011. (US$/MWh) 23
Figura 7: Histórico de Precios de Nudo de Sistemas Eléctricos Chilenos ($/kWh). 24
Figura 8: Precio del petróleo WTI (West Texas Intermediate). US$/barril (precios corrientes) 25
Figura 9: Radiación Global Horizontal en el territorio Chileno. 27
Figura 10: Generación Fotovoltaica. 28
Figura 11: Energía Solar Térmica (Agua Caliente Sanitaria). 29
Figura 12: Central Solar Termoeléctrica. 29
Figura 13: Diagrama de una instalación fotovoltaica. 31
Figura 14: Instalación Fotovoltaica Residencial. 32
Figura 15: Ejemplo de colector simple sin cubierta. 33
Figura 16: Ejemplo de un colector plano. 34
Figura 17: Ejemplo de un Colector Tubular. 35
Figura 18: Curvas de rendimiento de los colectores y tipos de aplicación. 35
Figura 19: Ejemplo de etiqueta de eficiencia energética para Calefón. 37
Figura 20: Vista satelital del Condominio Esperanza, marcado en rojo. 39
Figura 22:Ejemplo de funcionamiento de la ley 20.571. 42
Figura 21:. Flujo del proceso de solicitud de conexión bidireccional, según ley 20571. 43
Figura 23: Equipamiento necesario para el autoconsumo. 48
Figura 24: Curvas de carga residenciales para días de trabajo. 49
Figura 25: Curvas de carga residenciales para fines de semana. 49
Figura 26: Comparación entre la Generación Fotovoltaica de cada Sistema en un día del año detallada por mes y hora. 50
Figura 27: Ciclo Diario Promedio de Generación Fotovoltaica para el Sistema de 500W. .. 51
Figura 28: Modelo del Costo de Instalación en relación a la Potencia Instalada. 52
Figura 29: Modelo del Costo de Mantención en relación a la Potencia Instalada. 52
Figura 30: Modelo en RETScreen para un sistema fotovoltaico de 300W. 54
Figura 31: Análisis de Costos en RETScreen para un Sistema de 300W. 54
Figura 32: Ejemplo de Flujo Acumulado en un Escenario con Mantenciones periódicas para un sistema de 300W. 56

Figura 33: Flujo Acumulado en el Escenario sin Mantenciones Periodicas para el Sistema de 300W. 57
Figura 34: Modelo en RETScreen para un sistema fotovoltaico de 500W. 58
Figura 35: Análisis de Costos en RETScreen para un Sistema de 500W. 59
Figura 36: Ejemplo de Flujo Acumulado en un Escenario con Mantenciones periodicas para un sistema de 500W. 60
Figura 37: Flujo Acumulado en el Escenario sin Mantenciones Periodicas para el Sistema de 500W. 62
Figura 38: Promedio Anual de consumo mensual de agua sanitaria por vivienda en (m^3/mes)..... 63
Figura 39: Modelo en RETScreen para un SST de 200 litros. 65
Figura 40: Referencia de Calentador de agua utilizado en el Sistema RETScreen para la Evaluación del SST..... 66
Figura 41: Análisis de Costos en RETScreen para un SST de 200 litros..... 66
Figura 42: Flujo Acumulado para la evaluación del SST..... 67
Figura 43: Reducción de emisiones de Dióxido de Carbono. 68
Figura 44: Lista de Valores de Servicios Informados Efectuados por Chilectra para Net Billing. 80
Figura 45: Cotización de Placa Fotovoltaica de 300W. 81
Figura 46: Cotización de Placa Fotovoltaica de 250W. 81
Figura 47: Cotización de Cable para Sistema Fotovoltaico. 82
Figura 48: Cotización de Conector para Sistema Fotovoltaico. 82
Figura 49: Cotización de Inversor ON-Grid de 300W. 83
Figura 50: Cotización de Inversor ON-Grid de 500W. 83
Figura 51: Cotización TermoSolar 200L. 85
Figura 52: Cotización Válvula Termostática. 86
Figura 53: Cotización Instalación de Termosolar. 86
Figura 54: Cotización Tuberías para SST. 87
Figura 55: Cotización Aislación para Tuberías de SST. 87
Figura 56: Cotización de Copla para SST. 88
Figura 57: Cotización de Codo 45 para SST. 88
Figura 58: Cotización Terminal para SST. 89
Figura 59: Cotización de Llave de Bola Doble Unión para SST. 89
Figura 60: Datos de Calefon de referencia para la Evaluación del SST. 91
Figura 61: Ejemplo de consumo de agua potable domiciliaria. 92
Figura 62: Costo anual de mantención de sistemas fotovoltaicos según tamaño de planta. 93

Tabla 1: Contaminantes Químicos Generados por la Combustión del Carbón. (United States Environmental Protection Agency, 1997)..... 16
Tabla 2: Contaminantes Químicos Generados por la Combustión del Petróleo. (United States Environmental Protection Agency, 1997)..... 17
Tabla 3: Contaminantes Químicos Generados por la Combustión del Gas Natural.. (United States Environmental Protection Agency, 1997)..... 17
Tabla 4: Principales Contaminantes Químicos derivado de combustibles fósiles. 18
Tabla 5: Tarificación de Chilectra, agosto de 2016. 23
Tabla 6: Clases de Eficiencia Energética para calefones con consumo térmico mayor a 10kW. 38
Tabla 7: Clases de Eficiencia Energética para calefones con consumo térmico menor o igual a 10kW..... 38
Tabla 8: Costos de Servicios Para el Sistema Fotovoltaico de 300W..... 53
Tabla 9: Valor de Cuotas de Mantención en relación a su periocidad para un Sistema de 300W. 53
Tabla 10: Resultados Económicos de la Instalación de un Sistema Fotovoltaico de 300W en relación a la periocidad de Mantenciones. 55
Tabla 11: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 300W en el escenario de mantenciones cada 5 años. 56
Tabla 12: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 300W en el escenario sin mantenciones. 57
Tabla 13: Costos de Servicios Para el Sistema Fotovoltaico de 500W..... 58
Tabla 14: Valor de Cuotas de Mantención en relación a su periocidad para un Sistema de 500W. 58
Tabla 15: Resultados Económicos de la Instalación de un Sistema Fotovoltaico de 500W en relación a la periocidad de Mantenciones. 60
Tabla 16: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 3 años. 61
Tabla 17: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 4 años. 61
Tabla 18: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 5 años. 62
Tabla 19: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario sin mantenciones. 63

Tabla 20: Sensibilización del Payback Termosolar en relación a la tarifa de GLP(clp/kg). .. 67
Tabla 21: Sensibilización del Payback Termosolar en relación a los Costos Iniciales Totales (clp). 68
Tabla 22: Comparación de Resultados de Evaluación Fotovoltaica con Mantenciones cada 3 años. 69
Tabla 23: Comparación de Resultados de Evaluación Fotovoltaica con Mantenciones cada 4 años. 70
Tabla 24: Comparación de Resultados de Evaluación Fotovoltaica con Mantenciones cada 5 años. 70
Tabla 25: Comparación de Resultados de Evaluación Fotovoltaica sin Mantenciones. 71
Tabla 26: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 300W en el escenario de mantenciones cada 5 años. 71
Tabla 27: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 300W en el escenario sin mantenciones. 72
Tabla 28: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 3 años. 72
Tabla 29: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 4 años. 73
Tabla 30: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 5 años. 73
Tabla 31: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario sin mantenciones. 73
Tabla 32: Resultados Económicos de la Instalación de un SST. 74
Tabla 33: Sensibilización del Payback Termosolar en relación a la tarifa de GLP(clp/kg). .. 74
Tabla 34: Sensibilización del Payback Termosolar en relación a los Costos Iniciales Totales (clp). 74
Tabla 35: Costos de Componentes de un Sistema Fotovoltaico de 300W. 84
Tabla 36: Costos de Componentes de un Sistema Fotovoltaico de 500W. 84
Tabla 37: Costos de Instalación de un Sistema Fotovoltaico en relación a la Potencia Instalada. 84
Tabla 38: Cálculo del Costo total de un SST. 90
Tabla 39: Densidades y Poderes Caloríficos Utilizados en el Balance Nacional de Energía. 92
Tabla 40: Precios GNL DES (promedio anual) USD/MMBtu. 93

Agradecimientos

A mi familia, en especial a mis padres porque gracias a ellos soy quien soy, por su apoyo, paciencia y amor.

A mi esposo, por elegir estar conmigo para que seamos un equipo. Siempre.

A mis hijos, Antonia y Agustín, por ser mi inspiración de cada día.

Resumen Ejecutivo

El objetivo de este estudio es determinar la factibilidad técnica, económica y social del aprovechamiento de energía solar fotovoltaica y termo-solar en el "Condominio Esperanza" mediante una evaluación de proyecto social con el fin de dar soporte a la toma de decisión por parte de los residentes del condominio. Esto comenzando con una definición del marco legislativo y los proyectos auxiliares, la especificación de los requerimientos para implementar las estrategias de energía fotovoltaica con integración al sistema eléctrico y termosolar, para luego la cuantificación de costos y beneficios y por último la determinación de factibilidad económica y social del proyecto de aprovechamiento de energía solar en el "Condominio Esperanza".

A partir de la década de los 90 en Chile fue impulsado el uso de los combustibles fósiles, una fuente de baja estacionalidad, con una entrega constante de energía de forma confiable, sin embargo muy contaminante y perjudicial para la salud y el medio ambiente. A eso se suma la dependencia delos mercados internacionales y la continua alza de tarifas de electricidad asociados en gran medida a las alzas del precio de petróleo. Es así como con el paso del tiempo, estos efectos negativos, han generado una mayor conciencia de los efectos nocivos de algunas fuentes de energía y se está optando nuevamente por las fuentes limpias y renovables. Es posible apreciarlo en la nueva Política Energética de Chile, donde una de sus metas es contar con un 70% de recursos renovables al año 2050, además de reducir las tarifas eléctricas de modo que al año 2035 Chile se encuentre entre los 5 países de la OCDE con inferiores tarifas eléctricas y al año 2050 encontrarse dentro de los 3 con tarifas eléctricas más bajas.

En cuanto al aprovechamiento de energía solar, Chile cuenta con un alto potencial, al encontrarse en un lugar privilegiado (el cinturón de sol) por lo que se hace necesario estudiar las tecnologías disponibles para el aprovechamiento solar, donde encontramos la tecnología fotovoltaica, la termosolar y las centrales solares termoeléctricas.

El Condominio Esperanza se encuentra ubicado en medio de Santiago, donde la radiación solar es aún idónea para su aprovechamiento, siendo éste un condominio social de busca definir toda la legislación aplicable, donde se encuentran la Ley 20.571 de Net-Metering, donde se regulan los proceso y tarifas de inyección. La Ley 19.537 de Condominios y espacios comunes. La ley 20.365 de Franquicia tributaria y Subsidios para Sistemas Solares Térmicos. Donde en el apartado índica en su artículo 14º la facultad del Presidente de la República para establecer un mecanismo para financiar

SST en viviendas sociales usadas. Y por último el Programa de Protección para el Patrimonio Familiar. Donde contempla las postulaciones individuales y colectivas para subsidios de mejoramiento de la vivienda.

Para la Evaluación se utiliza la herramienta de evaluación de proyectos sociales y energéticos RETScreen.

A nivel domiciliario la generación fotovoltaica, y los sistemas solares térmicos de agua sanitaria son las tecnologías más accesibles y populares para el autoabastecimiento. Ambas presentan múltiples ventajas entre ellas no producir residuos o emisiones de CO_2 u otros gases contaminantes, versatilidad al ser modulables no requiriendo de grandes intervenciones a las viviendas para su implementación y durables, hay sistemas que apenas requieren mantenimiento y en general tienen un riesgo de avería muy bajo lo que les permite una larga vida útil, entre las desventajas que tiene el sistema fotovoltaico están el desfase de horarios de uso y generación, las bajas tarifas de inyección a la red, y los ahorros bajos en relación a la inversión.

En cuanto a los planes de reducción de tarifa eléctrica, ésta afecta directa y negativamente al periodo de recuperación de los proyectos fotovoltaicos ya que los flujos de ahorro con que se sustenta el proyecto disminuyen en torno a la tarifa, y considerando la brecha existente entre Chile y el tercer lugar actual de menor tarifa eléctrica, la cual es 35% inferior en relación a la tarifa chilena (Key world energy statistics 2016, 2016), la única forma que los proyectos se paguen dentro de los primeros 20 años con esta reducción, es sin considerar el costo de las mantenciones, lo cual implicaría capacitar a los residentes del condominio en mantención de sistemas fotovoltaicos, ítem que no fue considerado en este estudio.

Los Sistemas Solares Térmicos de Agua Sanitaria, al igual que la generación fotovoltaica presenta las ventajas del uso de energías limpias e inagotables, pero presentan una ventaja adicional, las horas de mayor uso coinciden con las horas de mayor aprovechamiento energético, esto permite abastecer una mayor proporción del consumo con la energía renovable. Lo mismo permite que el tiempo de recuperación de inversión de SST es notablemente inferior en comparación a proyectos fotovoltaicos, y en relación a la inversión inicial está al mismo nivel de la instalación fotovoltaica menor, todo esto lo convierte en una opción más atractiva.

En el caso en que las instalaciones de energía solar térmica no puedan proporcionar el 100% del agua caliente demandada el resto de la demanda puede ser fácilmente suplida por sistemas convencionales de producción de agua caliente (caldera de gas o gasóleo, calefont doméstico, etc.).

La inversión se amortiza con el ahorro energético. El sistema Termosolar puede ser amortizado en un periodo de 6,9 años, con una vida útil por sobre los 20 años. El período de amortización efectivo dependerá de las variaciones del precio del combustible que sustituye por el Termosolar, pues el análisis de sensibilidad indicó que un aumento del 15% valor del GLP lograría una recuperación del capital con casi un año de anticipación en relación al caso base.

Finalmente dada las condiciones del mercado eléctrico en Chile no se recomienda por el momento invertir en proyectos fotovoltaicos, principalmente por las lentas recuperaciones de capital y por la transformación que está teniendo el país optando cada vez más por generaciones amigables con el medio ambiente, lo que implicaría que en el largo plazo, el consumo directo de la red de distribución sea más económico y limpio.

Por otra parte los sistemas térmicos solares son recomendables, en caso del condominio Esperanza, la mejor opción sería postular al Programa de Protección del Patrimonio Familiar para subsidiar el proyecto parcial o totalmente, generando así una inversión inicial menor por parte de los residentes y por tanto una recuperación de capital en un periodo inferior a 5 años.

Definición de la Problemática

El Condominio Esperanza fue fundado en el año 1991, como condominio de viviendas sociales conformado por 78 departamentos, donde 12 de ellos poseen salida directa a la calle Esperanza y los 66 restantes, cuentan con salida al interior del condominio.

En relación a los espacios comunes, éstos cuentan con una pequeña plaza central, un área de estacionamientos, escaleras y vías de uso peatonal. Este espacio cuenta con conexiones de electricidad y agua, gastos que son prorrateados por los residentes.

La energía eléctrica consumida en los espacios comunes es suministrada por la empresa distribuidora Chilectra y gran parte de éste uso es con el fin de iluminar los espacios comunes durante la noche.

En la actualidad, ya con más de 25 años de historia del recinto, alrededor del 30% de los habitantes del condominio son de la tercera edad, y cuentan con escasos recursos. Es por ello que los residentes del Condominio Esperanza desean evaluar el posible aprovechamiento de energía solar para generar electricidad por medio de paneles fotovoltaicos o para la generación de agua caliente sanitaria utilizando colectores solares.

Objetivo General

"Determinar la factibilidad técnica, económica y social del aprovechamiento de energía solar fotovoltaica y termo-solar en el "Condominio Esperanza" mediante una evaluación de proyecto social con el fin de dar soporte a la toma de decisión por parte de los residentes del condominio."

Objetivos Específicos

- Definir el Marco legislativo pertinente y los proyectos auxiliares vigentes.
- Especificar los requerimientos necesarios para implementar las estrategias. Fotovoltaico con integración al sistema eléctrico y Termo-solar.
- Cuantificar los costos-beneficios de las estrategias.
- Determinar la factibilidad económica y social del proyecto de aprovechamiento de energía solar en el "Condominio Esperanza".

Estructura del Marco Teórico

Energías Renovables v/s No Renovables.

De acuerdo al tipo de fuente, la energía puede ser clasificada como renovable o no renovable. Las energías renovables son aquellas que se siguen produciendo en la actualidad, y su consumo es repuesto, es el caso de la energía solar, la eólica, la hidráulica, la biomasa, la proveniente de mareas, olas y la de gradientes térmicos permanentes. Las energías no renovables corresponden a aquellas que ya no se producen y su consumo acaba por agotar la reserva, los combustibles fósiles son el más claro ejemplo, donde se encuentra el petróleo y sus derivados, el carbón y el gas natural.

Situación Energética en Chile.

Una matriz energética es una radiografía de cómo está balanceado el consumo de energía entre distintas fuentes en un periodo de tiempo. La matriz energética primaria muestra la participación que tienen los energéticos capturados directamente de recursos naturales en el consumo total. La matriz secundaria muestra la participación que tienen los energéticos en el consumo final de energía. En esta matriz participan tanto los energéticos producidos a partir de la transformación de los primarios como también aquellos que pueden ser objeto de consumo final, como es el caso del gas natural y la biomasa.

En el caso de Chile, la matriz primaria muestra una alta participación de los combustibles fósiles (petróleo crudo y sus derivados, carbón y gas natural). Además cuenta con una matriz secundaria altamente dependiente de los productos derivados del petróleo, los que son responsables de más de la mitad del consumo final de energía (64%). (Ver Figura 1)

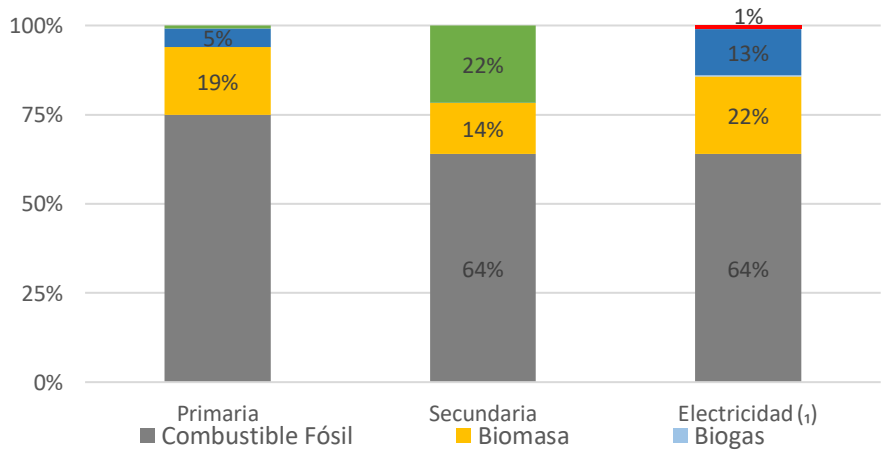


Figura 1: Matrices Energéticas de Chile al 2014.

Fuente: BNE. Detalle del balance energético completo, expresado en teracalorias (Tcal), para el año 2014

En la Figura 1, se observa claramente la dependencia del combustible fósil en Chile sobretodo en la matriz primaria de energía donde alcanza una participación del 75%. La matriz eléctrica se construye a partir de la energía transformada y no por capacidad instalada.

Generación Eléctrica en Chile

Históricamente, en Chile, la generación eléctrica en base a fuentes renovables (principalmente hidroeléctrica) ha tenido una participación importante, con un promedio cercano al 65% en la década de los sesenta, alcanzando el 80% en la década de los ochentas y pasando a un rango de 30% a 40% en la última década, dependiendo del año hidrológico.

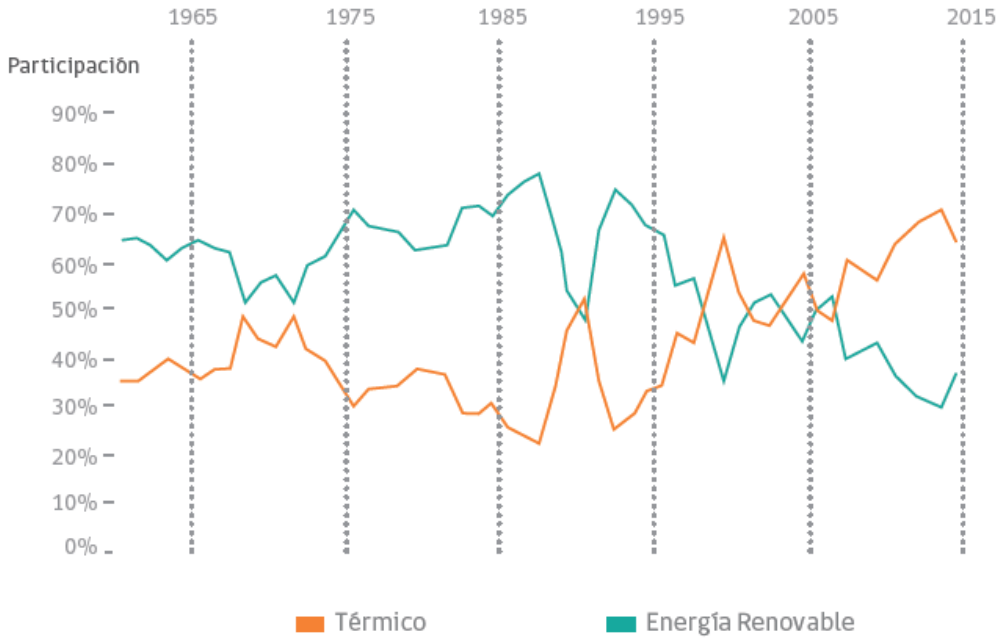


Figura 2: Generación Eléctrica Histórica.

Fuente: Banco Central; Energía Abierta

En cuanto a la matriz de generación eléctrica, al año 2015, la capacidad instalada total en Chile es de 20.375 MW. Dicha capacidad se encuentra separada principalmente en el Sistema Interconectado Central (SIC), la cual corresponde a un 77,7% de la capacidad instalada total, y en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), un 21,54% de la capacidad instalada total[1]. A su vez, existen los Sistemas Eléctricos de Aysén y Magallanes. El Sistema Eléctrico de Aysén, por su parte, tiene 52 MW de capacidad mientras que el

[1] Se encuentra en construcción la interconexión de ambos sistemas.

Sistema Eléctrico de Magallanes, 102 MW. Adicionalmente a los sistemas de Aysén y Magallanes, se encuentran los sistemas medianos de Los Lagos, Cochamó y Hornopirén y los sistemas aislados de Isla de Pascua y San Pedro de Atacama, entre otros.

La generación promedio entre los años 2010 – 2014 del SIC fue de 48.207 GWh, siendo principalmente hidro-térmica, con una componente hidroeléctrica del 43%, una generación termoeléctrica carbón, gas natural y diesel del 52% y una componente del 5% que corresponde a solar, biomasa y eólica. El SING es esencialmente térmico, su generación promedio entre los años 2010-2014 fue de 16.530 GWh[2] con una componente hidroeléctrica mínima, que no alcanza el 1%, y termoeléctrica que se acerca al 98% de la generación. La penetración de ERNC se está recién iniciando a pesar del alto potencial existente en las zonas geográficas que cubre el SING.

Es destacable que un 95% del petróleo es importado, mientras la biomasa es el principal energético local.

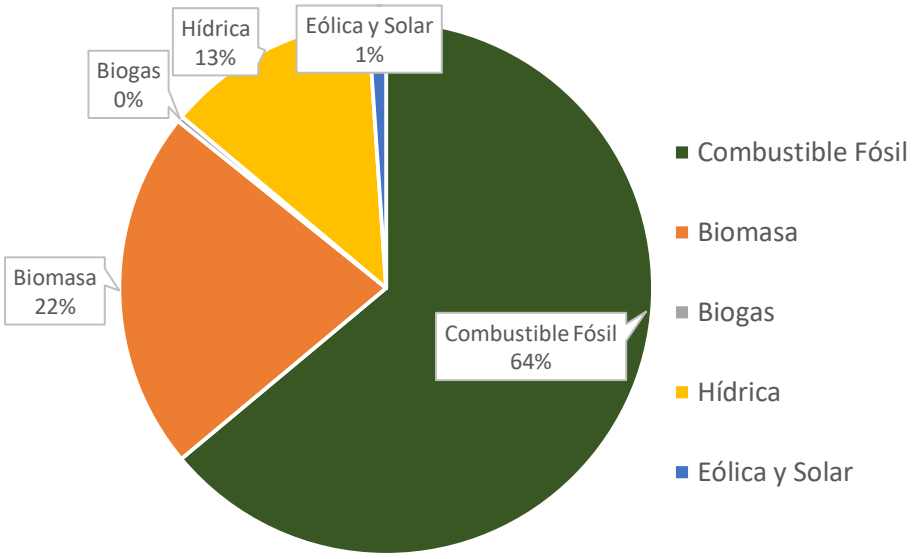


Figura 3: Matriz de Generación Eléctrica en relación a la Transformación efectiva del año 2014.

Fuente: Elaboración propia en base a la información del Balance Nacional de Energía 2014.

Los principales combustibles fósiles son el carbón, el petróleo y el gas natural. Los tres ocasionan el mismo grado de contaminantes físicos, ya que no están originados por su

[2] CNE: Generación bruta SIC-SING.

combustión sino por las condiciones tecnológicas de las centrales térmicas y por la posterior distribución de las líneas eléctricas.

Los niveles de contaminación ambiental están llegando al límite de la capacidad autodepurativa natural. Según el informe del Intergovernmental Panel of Climate Change, la vida actual y la de generaciones futuras dependerá en gran medida de la sustitución de las fuentes de energía contaminantes (carbón, petróleo, gas, nucleares) por alternativas limpias y respetuosas con todos los ecosistemas biológicos .

Tabla 1: Contaminantes Químicos Generados por la Combustión del Carbón. (United States Environmental Protection Agency, 1997)

Tipo de contaminante	Contaminantes Químicos Generados por la combustión de carbón.
Gases y partículas	SO_2, CO_2, NO_x, CO, partículas.
Inorgánicos	Antimonio, Arsénico, Berilio, Cloruro de Hidrógeno, Cianuro de Hidrógeno, Fluoruro de Hidrógeno, Cadmio, Cromo, Cobalto, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Fósforo, Selenio.
Orgánicos	Acetaldehído, Acetofenona, Acroleína, Benceno, Cloruro de bencilo, Bis-ptalato, Bromoformo, Disulfuro de Carbono, Tetracloro de Carbono, Tricloroetano, Dinitrotolueno, Cloroacetofenona, Clorobenceno, Cloroformo, Etilbenceno, Etilcloruro, Metilcloroformo, Etilenodicloruro, Formaldehído, Hexaclorobenceno, Metilbromuro, Naftaleno, Perileno, Fenol, Stireno, Tolueno, Tricloroetileno, Venilacetilo, Xileno.

Fuente: Ferrís I Tortajada y COLS (2001)

Tabla 2: Contaminantes Químicos Generados por la Combustión del Petróleo. (United States Environmental Protection Agency, 1997)

Tipo de contaminante	Contaminantes Químicos Generados por la combustión de petróleo.
Gases y partículas	SO_2, CO_2, NO_x, CO, Partículas.
Inorgánicos	Arsénico, Berilio, Cloruro de Hidrógeno, Fluoruro de Hidrógeno, Cadmio, Cromo, Cobalto, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Fósforo, Selenio.
Orgánicos	Acetaldehído, Benceno, Etilbenceno, Metilcloroformo, Formaldehído, Naftaleno, Fenol, Tolueno, Tetracloroetileno, Acetato de vinilo, Xileno.

Fuente: Ferrís I Tortajada y COLS (2001)

Tabla 3: Contaminantes Químicos Generados por la Combustión del Gas Natural.. (United States Environmental Protection Agency, 1997)

Tipo de contaminante	Contaminantes Químicos Generados por la combustión de carbón.
Gases y partículas	SO_2, CO_2, NO_x, CO, partículas.
Inorgánicos	Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobalto, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Fósforo.
Orgánicos	Benceno, Formaldehído, Naftaleno, Tolueno, Metilnaftaleno, Fluoranteno, Fluoreno, Senantreno, Pireno.

Fuente: Ferrís I Tortajada y COLS (2001)

El uso industrial, urbano y doméstico de los combustibles fósiles genera diversos contaminantes medioambientales, físicos y químicos, con un impacto adverso en la salud humana, estos efectos negativos sobre el organismo humano se manifiestan a corto, medio y largo plazo, potenciando y desencadenando los producidos por los contaminantes preexistentes. Los más afectados principalmente son la población pediátrica, las personas mayores, las mujeres embarazadas y lactantes y las personas que padecen enfermedades respiratorias y cardiovasculares, independientemente de la edad.

Tabla 4: Principales Contaminantes Químicos derivado de combustibles fósiles.

Contaminante	Principales Efectos
CO_2 Dióxido de Carbono	Contribuye a aumentar el efecto invernadero con un incremento de la temperatura que ocasiona el calentamiento global. Produce efectos locales, regionales y globales, tanto en el micro como en el macroclima, con repercusiones sobre la salud humana. Los impactos adversos sobre la salud humana son por vía directa (exposición al estrés térmico, empeoramiento de la calidad global del aire e incidentes patológicos causados por temperaturas extremas) e indirecta (enfermedades transmitidas por insectos, por el agua, incremento de pólenes, esporas de hongos, afectación de las infraestructuras de salud pública, etc.)
NOx Óxidos de Nitrógeno	En especial NO_2 y NO_3, son gases altamente reactivos que contienen nitrógeno y oxígeno en proporciones variables. El NO_x y sus derivados pueden ser transportados a largas distancias (hasta centenares de kilómetros) por la acción del viento y ocasionar problemas locales y regionales. Mecanismos secundarios a la contaminación atmosférica de los NO_x y sus efectos en la salud humana: Smog o niebla tóxica • Irritación del aparato respiratorio. • Reducción de la función pulmonar. • Agravamiento de las alergias respiratorias. • Lesiones de mucosa respiratoria. • Empeoramiento de las enfermedades respiratorias crónicas.

Precipitaciones ácidas

- Conjuntivitis.
- Rinitis.
- Faringitis.
- Laringitis.
- Traqueitis.
- Bronquitis agudas y crónicas.
- Incrementan las crisis asmáticas.
- Indirectamente disuelve los metales tóxicos (mercurio, plomo, aluminio, cobre, etc)
- A través de la cadena de alimentos, pasan a los humanos produciendo diversas alteraciones gastrointestinales, renales, hepáticas y neurológicas. En personas más débiles ocasionan muertes prematuras.

Tóxicos químicos

- Algunos elementos de estos grupos son considerados como agentes mutagénicos y cancerígenos.

Efecto invernadero

Disminución de la visibilidad

SO_2 Dióxido de Azufre	Es un gas transparente que por la acción de diversos componentes atmosféricos (radiación ultravioleta, oxígeno, ozono, humedad ambiental y radicales peróxidos e hidróxidos) se transforma en SO_2 y finalmente en ácidos sulfuroso y sulfúrico. Estos ácidos, junto con el nítrico, son los responsables de generar las precipitaciones ácidas.
CO Monóxido de Carbono	Al no ser irritante no produce síntomas en las vías respiratorias, pero pasa rápidamente a la sangre donde se combina con la hemoglobina formando carboxihemoglobina. El CO tiene una afinidad 250 veces mayor que el O_2 para combinarse con la hemoglobina, y la carboxihemoglobina es incapaz de transportar oxígeno produciendo hipoxia y asfixia celular y tisular. Ocasiona una disminución progresiva de todas las funciones del organismo humano, siendo más acusadas en pacientes con enfermedades cardiovasculares y respiratorias, llegando en casos extremos al coma y la muerte.
Partículas	Este término define a una mezcla de componentes sólidos y líquidos (gotitas) que están en suspensión en el aire atmosférico, con un tamaño igual o menor a 10 µ (1/7 parte del diámetro de un pelo). Según las dimensiones, se clasifican en partículas gruesas (entre 10 y 2,5 µ) y finas

(menores de 2,5 µ). Los principales efectos nocivos para la salud humana se producen por la penetración de las mismas en las vías respiratorias. Las más peligrosas son las partículas finas, ya que pueden llegar a las zonas más profundas de las estructuras anatómicas broncopulmonares. La combustión de los materiales fósiles, incluido el gas natural, genera mayoritariamente partículas finas.

Fuente: Ferrís I Tortajada y COLS (2001)

Factor de Emisiones de CO_2 por Generación Eléctrica y por uso de combustibles

Año	Promedio tCO_{2eq}/MWh
2010	**0,346**
2011	**0,379**
2012	**0,391**
2013	**0,432**
2014	**0,360**
2015	**0,346**

Figura 4: Reportes de Emisión para el SIC.

Fuente: Ministerio de Energía.

Combustible		kg CO_2/TJ	kg CO_2/m^3	kg CO_2/ton
Gasolina para vehículos		69.3	2.241	3.07
Kerosene de aviación		71.5	2.554	3.153
Diesel		74.1	2.676	3.186
Petróleo combustible	Petróleo combustible Nº5	77.4	2.899	3.127
	Petróleo combustible Nº6	77.4	2.955	3.127
	Petróleo combustible IFO 180	77.4	2.927	3.127
Gas licuados de petróleo		63.1	1.642	2.985
Gas natural		56.1	1,97	-

Figura 5: Factores de emisión para Combustibles en Chile.

Fuente: Ministerio de Energía.

Tarifas eléctricas.

Las tarifas de suministro eléctrico son establecidas de acuerdo con fórmulas de cálculo fijadas cada cuatro años. Dicho decreto contiene las distintas opciones tarifarias a las que puede acceder un usuario final, dependiendo de su tipo de consumo, el cual puede elegir libremente la opción tarifaria de su conveniencia, por un plazo mínimo de un año, al cabo del cual puede modificarla o mantenerla.

Las empresas concesionarias de distribución eléctrica están obligadas a aceptar la opción tarifaria de cada cliente. Tales opciones se han estructurado de acuerdo con diversas formas para el consumo (sólo energía; potencia máxima leída o contratada; y potencia leída o contratada horariamente), bajo dos categorías de clientes: en alta tensión (AT) y en baja tensión (BT).

La inclusión en una u otra categoría depende de si el usuario está conectado con su empalme a líneas de voltaje superiores o inferiores a 400 volts. Así, las opciones tarifarias para los clientes en baja tensión son:

BT1: Medición de energía cuya potencia conectada sea inferior a 10 kW o la demanda sea limitada a 10 kW (residencial).

BT2: Medición de energía y contratación de potencia (comercial y alumbrado público).

BT3: Medición de energía y medición de demanda máxima.

BT4: Medición de energía y alguna de las siguientes modalidades.

BT4.1: Contratación de demanda máxima de potencia en horas de punta y de la demanda máxima de potencia.

BT4.2: Medición de demanda máxima de potencia en horas de punta y contratación de la demanda máxima de potencia.

BT4.3: Medición de demanda máxima de potencia en horas de punta y de la demanda máxima de potencia suministrada.

Cada una de estas tarifas tiene su correspondiente paralelo para clientes en alta tensión.

En resumen, las tarifas que cobran las distribuidoras eléctricas a sus clientes dependen de:

- Si el suministro es de alta o baja tensión.
- La potencia requerida por el cliente y/o la distribución temporal de sus consumos máximos.
- El costo asumido por la compañía distribuidora para llegar hasta las instalaciones del cliente y la forma en que lo hizo (cableado aéreo o subterráneo).

De acuerdo a lo establecido en el artículo Nº 191 de DFL Nº 4 de 2006, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, se establecen las tarifas que aplicará Chilectra S.A. a los suministros sometidos a regulación de precios, a partir del 01 de noviembre de 2016. Las opciones tarifarias y condiciones de aplicación son las establecidas en el Decreto Nº 1T de 2012, en el Decreto N° 5T de 2016 y en el Decreto N° 9T de 2016, todos del Ministerio de Energía.

Para la dirección Esperanza 651, corresponde la zona tarifaria “Área 1S Caso 3(a)”.

Tabla 5: Tarificación de Chilectra, agosto de 2016.

Tarifas Chilectra a partir del 1 de noviembre de 2016			
BT1		**$ Neto**	**$ c/iva**
Cargo Fijo	**($/Cliente)**	621,3277	739,386
Energía Base	**($/kWh)**	97,4983	116,023
E. Adicional Invierno	**($/kWh)**	131,4983	156,483
Inyección a Baja Tensión	**($/kWh)**	63,4983	-

Fuente: Chilectra.

Las condiciones de aplicación de las Tarifas de Inyección son las establecidas en la Ley Nº 20.571 de 2012, del Ministerio de Energía, que regula el pago de las Tarifas Eléctricas de las Generadoras Residenciales. De acuerdo a lo establecido en el artículo 149 quinquies, dichos valores no se encuentran afectos a IVA, con excepción para aquellos contribuyentes del impuesto de Primera Categoría obligados a declarar su renta efectiva según contabilidad completa.

Evolución de Tarifa de Electricidad en Chile.

Observando la evolución comparada de los precios de la electricidad para los hogares en Chile y el promedio ponderado para la OCDE, se observa cómo ambos precios han seguido una tendencia ascendente, pero más marcada en Chile, principalmente entre 2006 y 2008. Registrando precios similares en el año 2006 en torno a los 135 US$/MWh, en el año 2010 los precios aumentaron en Chile hasta los 208.8 US$/MWh mientras que en la OCDE aumentaron hasta los 158,5 US$/MWh.

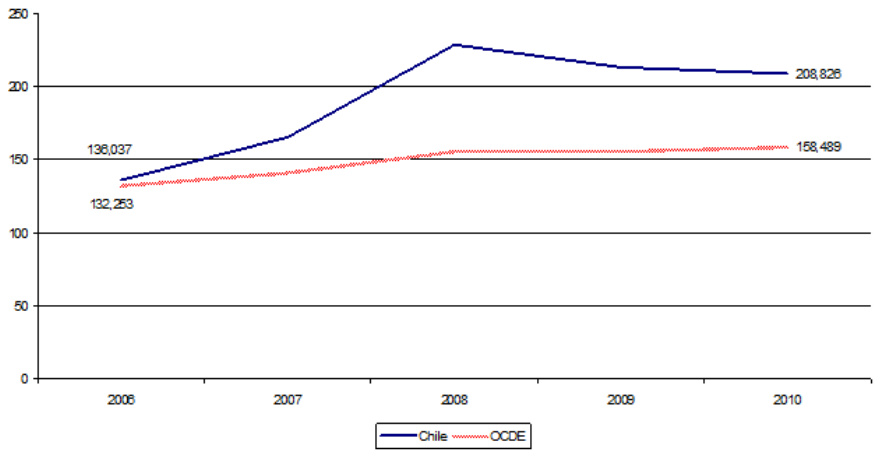


Figura 6: Evolución de los precios de la electricidad para los hogares en Chile y la OCDE 2006-2011. (US$/MWh)

Fuente: Informe Biblioteca del Congreso Nacional.

En cuanto a los sistemas eléctricos del país, la evolución de los precios en el SIC y el SING se puede dividir en primera instancia por décadas: Caída de los precios en la década del noventa; aumento en la década del 2000; y reducción a partir de 2009.

El SING muestra unos precios más volátiles y en general superiores al SIC, en parte por su total dependencia de la generación termoeléctrica, muy influida por la variación de los precios del petróleo.

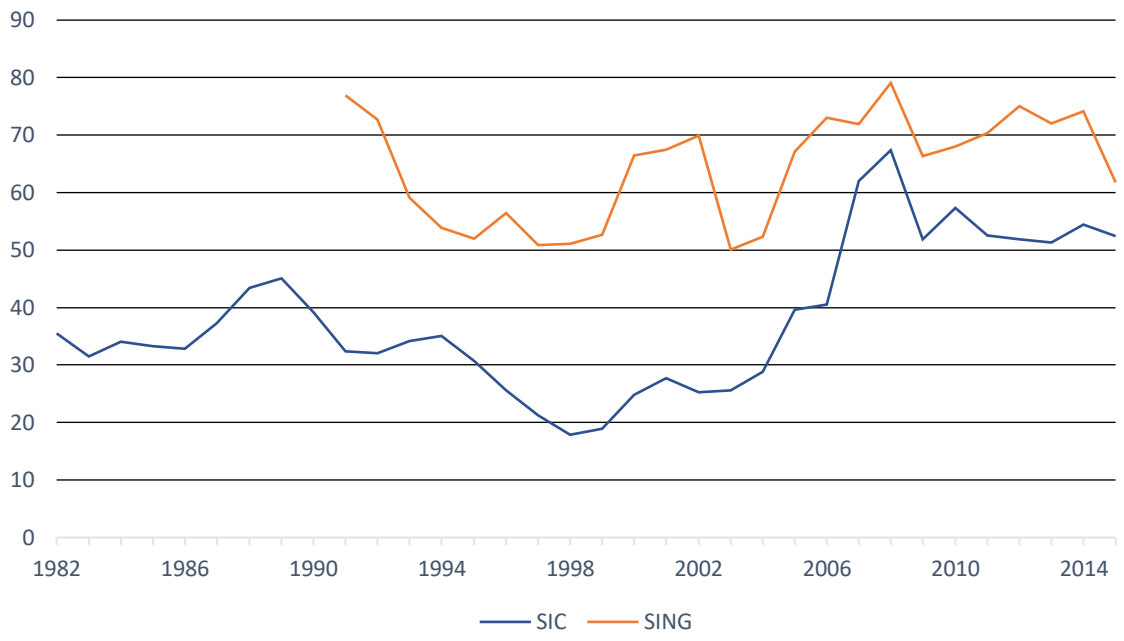


Figura 7: Histórico de Precios de Nudo de Sistemas Eléctricos Chilenos ($/kWh).

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de CNE.

Como se puede ver en la Figura 5, los precios de nudo del SING y el SIC han seguido una tendencia similar a lo largo del tiempo, teniendo los períodos de auge y declive una gran coincidencia. Dentro de este esquema de tendencia similar, existen dos grandes diferencias: por una parte el precio nudo del SING ha tendido a estar por encima del SINC; en segundo lugar las oscilaciones en los precios del SING en general han sido mayores que las del SIC.

En la determinación de los precios de la energía en el SIC y el SING entran en juego una gran cantidad de factores como la hidrología, las diferentes proporciones de formas de generación (hidroeléctrica, diesel, gas, carbón, etc.), la variación de oferta y demanda, los precios de los combustibles, etc. Las dos principales diferencias observadas en la evolución de los precios mencionadas (mayor volatilidad y precio del SING), en parte se explican por la estructura de generación de ambos Sistemas. La generación del SING depende por completo de fuentes termoeléctricas, mientras que el SIC también tiene una

considerable capacidad de generación hidroeléctrica[3]. Esto hace que los precios registrados en el SING tiendan a depender más de los precios de los combustibles que en el SIC, lo cual les confiere una mayor volatilidad. Si se observa la Figura 5, se puede ver cómo precisamente a partir de 2006 empiezan a aumentar muy fuertemente los precios del petróleo.

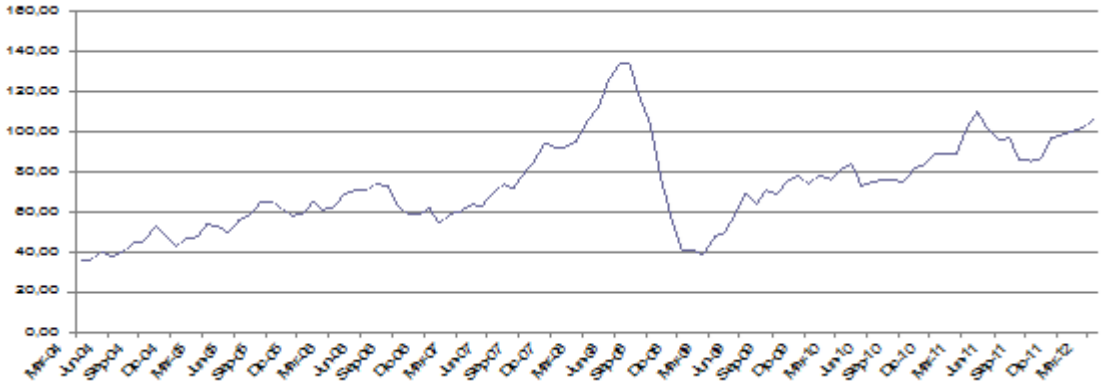


Figura 8: Precio del petróleo WTI (West Texas Intermediate). US$/barril (precios corrientes)

Fuente: Comisión Nacional de Energía

En el largo plazo, una de las metas de la Política Energética de Chile es de encontrarse dentro de los países OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) con menores tarifas eléctricas, dentro de los primeros 5 al año 2035 y de los primeros 3 al 2050.(Ministerio de Energia, 2015).

Oportunidad de aprovechamiento.

El país presenta un potencial significativo de recursos renovables, que pueden ser aprovechados en generación de electricidad, calor y producción de biocombustibles. Sin embargo, a la fecha, el desarrollo de las ERNC no ha avanzado lo suficiente pues sólo alrededor de un 3% de la producción de energía eléctrica se compone de ERNC.

Chile tiene zonas donde las energías renovables presentan condiciones privilegiadas, y su gran potencial supera con creces el crecimiento de la demanda eléctrica nacional proyectado para las próximas décadas. El aprovechamiento de una fracción significativa de ese potencial plantea interesantes desafíos. Entre ellos están los relacionados con la expansión de los sistemas de transmisión y con el manejo de la variabilidad de la producción renovable.

[3] En concreto, el 44% de la capacidad instalada en el SIC a diciembre de 2010 correspondía a hidroeléctrica, mientras que en el SING sólo representaba un porcentaje marginal del 0,35%. Datos calculados a partir de. Estadísticas de operación 2001/2010. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

En efecto, el desarrollo de las ERNC en Chile enfrenta una serie de dificultades que han impedido u obstaculizado la materialización de este tipo de proyectos de manera masiva. Entre las barreras u obstáculos más comunes, destaca el alto costo que implica la inversión inicial, las limitadas posibilidades de financiamiento, dificultades en el acceso y conexión a líneas de transmisión y en la suscripción de contratos de largo plazo. (Santana, Falvey, Ibarra & García, 2014).
Similar es el caso para los proyectos domiciliarios donde la inversión inicial es considerable, y el gobierno ha dispuesto de herramientas y financiamiento para contribuir e impulsar el desarrollo de ERNC a nivel menor.

En la región Metropolitana, específicamente en la comuna de Santiago Centro, el recurso de ERNC de mayor potencial de aprovechamiento es el de Energía Solar.

La Radiación.

La energía del Sol se desplaza a través del espacio en forma de radiación electromagnética, llegando una parte de esta energía a la atmósfera. De esta energía que llega a la atmósfera, una parte es absorbida por la atmósfera y por el suelo, y otra parte es reflejada directamente al espacio desde el suelo. Es por esto por lo que menos de la mitad de la radiación solar llega efectivamente a la superficie terrestre, siendo esta parte la que podemos utilizar con fines energéticos en nuestro planeta. (Schallenberg Rodríguez, 2008)

El planeta tierra cuenta con la fuente energética constante proveniente del sol, con una radiación que alcanza en promedio 1.361 W/m^2 en la capa exterior de la atmósfera. Sin embargo, en la superficie de la tierra la energía recibida depende principalmente de la hora del día, la inclinación de los rayos del sol y la cobertura de las nubes.

La radiación solar llega a nuestro planeta de tres formas distintas:

Radiación directa: es la radiación que nos llega directamente del Sol; sin haber incidido con nada por el camino y, por tanto, sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación es la que produce las sombras. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado.

• Radiación difusa: es la radiación que nos llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmósfera (polvo, nubes, contaminantes, etc.), por lo que ha cambiado de dirección. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado.

• Radiación reflejada o albedo: es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua (como cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante.

• La radiación global: es la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

La zona desde los 35° Latitud Norte hasta los 35° Latitud Sur, denominado cinturón del sol por la alta radiación existente, alcanza a cubrir casi la mitad de Chile continental, posibilitando el desarrollo de tecnologías de energía solar en esta área. Además, las zonas del desierto otorgan grandes extensiones de tierras disponibles. Se estima que el potencial bruto de capacidad instalable que posee Chile para generación de energía eléctrica a partir de energía solar es de 100.000 MW([4]).

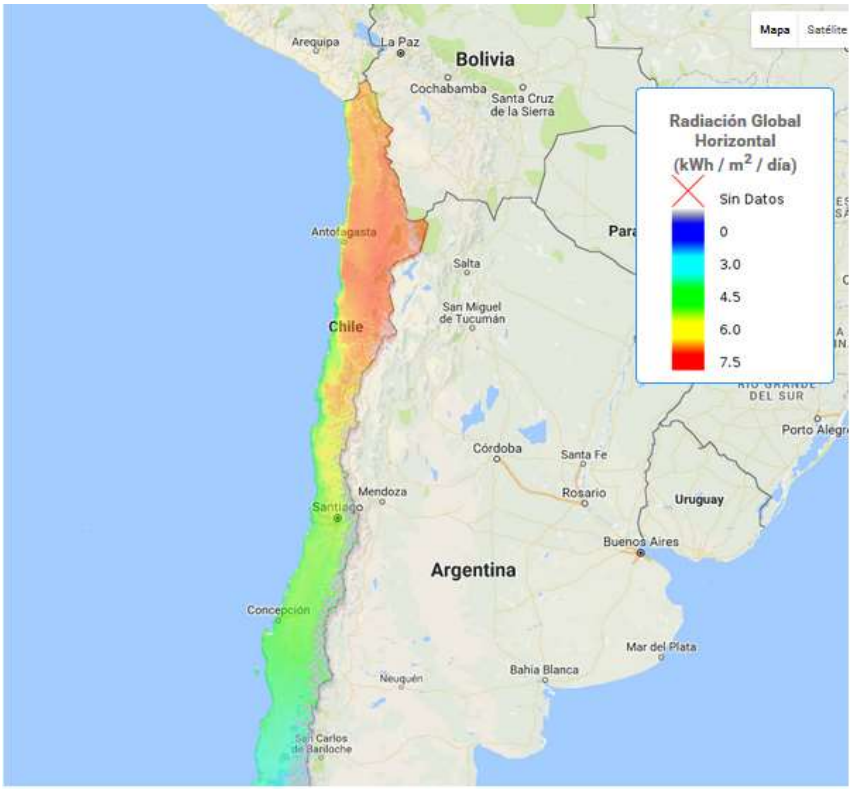


Figura 9: Radiación Global Horizontal en el territorio Chileno.

Fuente: Explorador Solar

[4] Irradiancia Solar en Territorios de la República de Chile. Departamento de Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María. 2008

Explorador solar

El Explorador Solar es una potente herramienta para la exploración del recurso solar en Chile y para la estimación de generación de energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos. Este Explorador forma parte del proyecto "Ambitos de investigación necesarios para el desarrollo eólico en Chile relacionados con el recurso viento", el cual fue llevado a cabo por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile gracias al Convenio de Cooperación y Transferencia entre el Ministerio de Energía y la Universidad de Chile y con apoyo adicional de la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ).

El Explorador Solar entrega información sobre la radiación solar incidente en cualquier punto del país, con resolución espacial de 90 metros. Para cada punto se pueden obtener las series de radiación global y directa cada 30 minutos, en todo el período comprendido entre los años 2004 y 2015. Esto permite conocer la variabilidad del recurso en el tiempo y reducir la incertidumbre en la generación de energía a largo plazo.

Tecnologías.

La energía solar puede ser aprovechada a través de tres mecanismos:

- Principalmente a través de sistemas fotovoltaicos que transforman las ondas solares para producir energía eléctrica.
- A través de colectores solares para calentar agua.
- Como calor para la generación de energía eléctrica indirectamente.

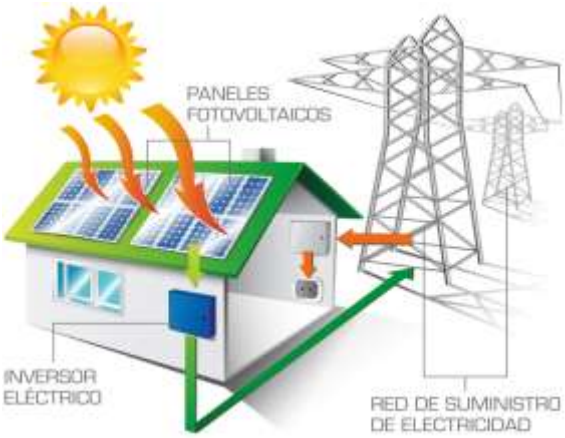


Figura 10: Generación Fotovoltaica.

Fuente: Geneco Group, Empresa de generación mexicana - http://www.genecogroup.mx

Figura 11: Energía Solar Térmica (Agua Caliente Sanitaria).

Fuente: http://www.btob.cl/

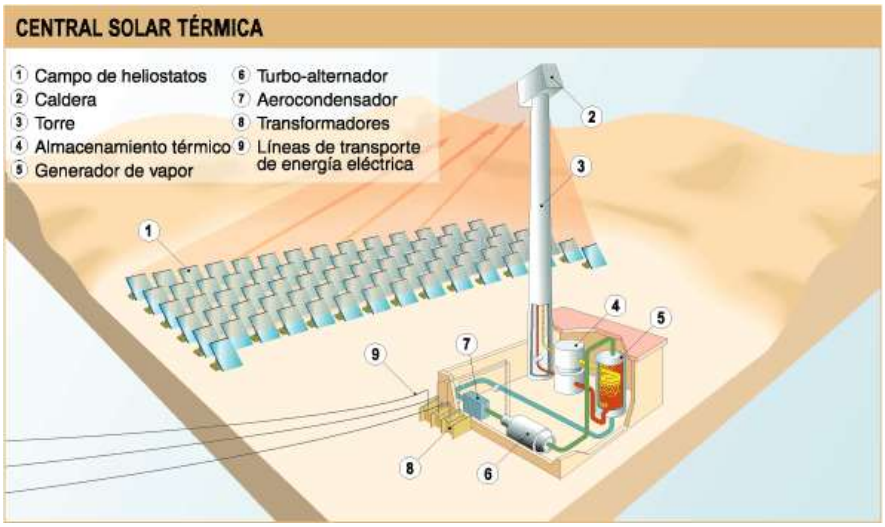


Figura 12: Central Solar Termoeléctrica.

Fuente: Asociación Española de la Industria Eléctrica http://www.unesa.net/

La mayor desventaja de la energía solar recae en que sólo se recibe durante el día, por lo que requiere la inclusión de sistemas de almacenamiento o la combinación con otras fuentes de energía.

Tanto los colectores solares como la tecnología fotovoltaica son sistemas modulares y escalables, utilizándolos a nivel domiciliario o en grandes instalaciones para fines industriales. Por su parte, los sistemas de concentración solar de potencia requieren, en general, instalaciones de gran escala para ser viables, excepto las tecnologías basadas en discos Stirling que también gozan de modularidad.

La Energía Fotovoltaica.

Los sistemas eléctricos fotovoltaicos transforman la energía solar en electricidad de corriente continua (CC). Se emplean paneles con celdas fotovoltaicas generalmente de silicio, las cuales reaccionan con los fotones de luz, liberando electrones y produciendo electricidad. Para utilizar la electricidad generada por un panel fotovoltaico se requiere de un inversor. Este aparato convierte la corriente continua en corriente alterna. Algunos sistemas (off-grid) utilizan la corriente continua directamente y evitan la utilización de inversores. Los paneles fotovoltaicos pueden ser utilizados tanto en plantas de generación eléctrica (en Chile instalados 400 MW de potencia al año 2014 (International Energy Agency, 2015)) y en sistemas de pequeñas instalaciones fotovoltaicas, también llamados generación distribuida. Una instalación típica residencial varía entre 1kW a 4kW de tamaño. Los sistemas de pequeñas instalaciones fotovoltaicas se subdividen en on-grid y off-grid. Los subsistemas on-grid se encuentran conectados directos a la red eléctrica, por tanto la diferencia de energía generada durante el día y que no es consumida inmediatamente, se inyecta a la red. Ejemplo de estos sistemas son los instalados en residencias o industrias y que cumplen con los requisitos (Acesol, 2015) necesarios para la inyección al Sistema Interconectado Central SIC. Los subsistemas off-grid se encuentran instalados en forma independiente a la red eléctrica. La energía que producen puede ser consumida o almacenada en baterías, pero no inyectada a la red eléctrica. Estos sistemas pueden requerir un generador auxiliar en caso de necesitar un respaldo de energía eléctrica. Instalaciones en residencias, industrias, o sistemas aislados como torres de telefonía, señales de tránsito o teléfonos de emergencia son algunos de los ejemplos donde se utilizan sistemas off-grid.

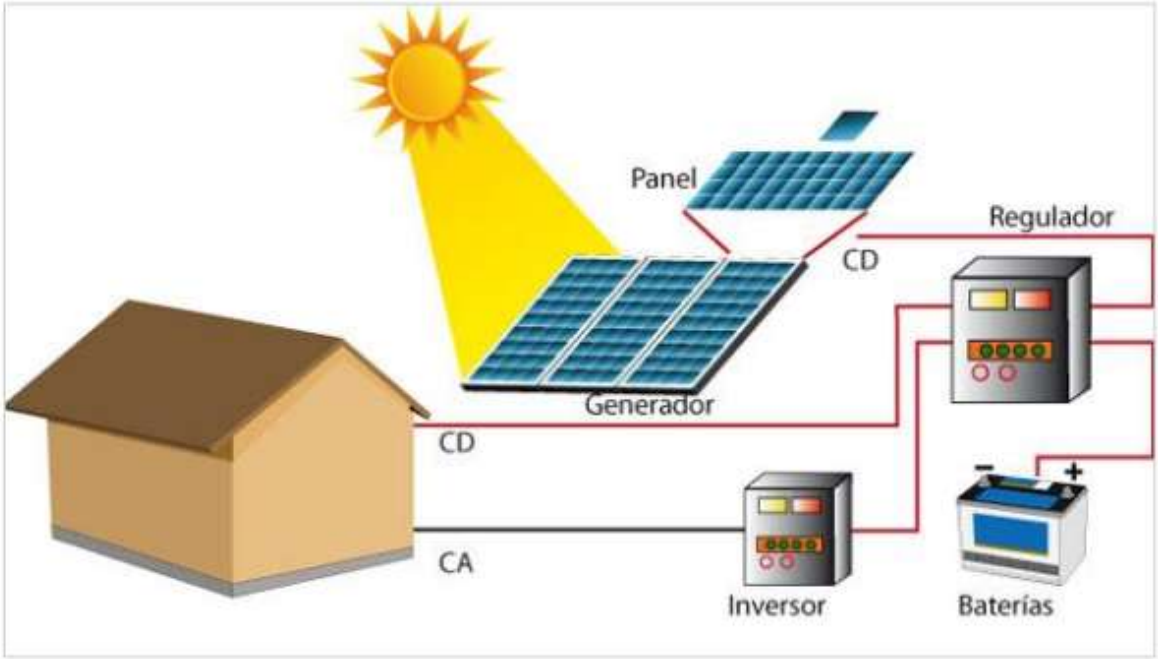


Figura 13: Diagrama de una instalación fotovoltaica.

Fuente: (Constructor Eléctrico, 2012)

Tipos de Panel Fotovoltaico.

Las tecnologías usadas dependen del material del panel fotovoltaico. Los principales tipos de paneles utilizados se describen a continuación:

Silicio Cristalino: Representan el 80-90% del mercado de paneles fotovoltaicos. Esto se debe a su alto nivel de madurez comercial. Los paneles utilizan silicio cristalino y pueden subclasificarse en policristalino o monocristalino, dependiedo del tipo de componentes, y por tanto el precio que estos tengan.

Thin Film: Se componen la mayor parte de las veces por capas muy delgadas de silicio amorfo, las cuales se depositan sobre soportes de bajo costo. Poseen menores costos de produccción comparado con el silciio cristalino, pero los paneles Thin Film tienen tasas de eficiencia más bajas. Se utilizan en cubiertas de vidrio, fachadas o techos, que no son muy invasivas.

Concentración Solar de Potencia CSP: Es un sistema híbrido. Utiliza la energía solar, y mediante espejos, calienta un fluido portador de calor el cual posteriormente genera vapor al entrar a una turbina. Luego, similar a una planta hidroeléctrica, genera energía eléctrica a partir de la energía mecánica producida por el vapor al hacer girar las turbinas. (CIFES)

Figura 14: Instalación Fotovoltaica Residencial.

Fuente: Ecoesfera.

La Energía Solar Térmica.

Las aplicaciones térmicas de la energía solar son distintas y variadas. Se retendrá esencialmente:

- La producción de agua caliente sanitaria (ACS).
- El calentamiento de piscinas.
- La calefacción de viviendas.
- El secado de productos agrícolas.
- La cocción de productos alimentarios.
- La climatización.

Tipos de colectores solares

Un colector solar térmico es un elemento que transforma la radiación solar en energía y la transmite al fluido que circula en su seno. Debe ser resistente a un amplio campo de temperaturas y a las agresiones exteriores (ambientes ionizados, granizos, etc.), de fácil de montaje y con buen rendimiento de conversión.

Existen distintos tipos de colectores solares térmicos, los más comunes están detallados más abajo.

Colectores simples sin cubierta

Los colectores simples sin cubierta son usados para aplicaciones de baja temperatura como el calentamiento de piscinas.

Son de plástico negro que puede tener una larga duración de vida.

Son baratos, se instalan fácilmente pero implican importantes pérdidas de calor.

Figura 15: Ejemplo de colector simple sin cubierta.

Fuente: Solepanel

Colectores planos con cubierta de vidrio

Los colectores planos con cubierta son generalmente utilizados para la producción de agua caliente sanitaria. Pueden servir también en instalaciones de calentamiento de piscinas y de calefacción de viviendas.

Figura 16: Ejemplo de un colector plano.

Fuente: Solepanel

Un colector plano se compone de los siguientes elementos:

1. La caja contiene todos los otros elementos del colector y los protege del exterior. Puede ser de distintos tipos de materiales.
2. La junta de estanqueidad asegura la impermeabilidad del colector, impidiendo la penetración del agua cuando llueva.
3. La cubierta transparente es el elemento que genera el efecto invernadero en el colector, dejando pasar la mayor parte de la radiación solar incidente y reteniendo la radiación infrarroja generada en la placa absorbente. Es de vidrio templado.
4. La aislación térmica reduce las pérdidas térmicas en la parte inferior y los lados del colector.
5. La placa (o aletas) de absorción es la parte del colector donde la energía se transmite al fluido.
1. Es de metal negro (pintado o tratado) para mejorar su coeficiente de absorción de radiación solar. Cuando la superficie está tratada para presentar una emisividad reducida (que mejora todavía más la transferencia de calor) se dice que es selectiva.
6. Los tubos son generalmente de cobre y soldados (o integrados) a la placa de manera de asegurar una transferencia de calor eficaz entre las placas y el fluido que circula en el seno de los tubos.

Colectores tubulares

Los colectores tubulares presentan un alto rendimiento de conversión y permiten alcanzar altas temperaturas del fluido que circula en su seno. Son empleados para aplicaciones de

climatización, en procesos industriales pero también para calentar agua sanitaria (aun cuando no se necesita altas temperaturas del agua).

Figura 17: Ejemplo de un Colector Tubular.

Fuente: Solepanel

Los tubos donde circula el fluido y que son soldados o integrados a las aletas, están colocados dentro de tubos de vidrio donde se crea el vacío que reduce las pérdidas de calor por convección y conducción. La aislación del colector tubular es así mucho mejor que la del colector plano.

Rendimiento de los colectores

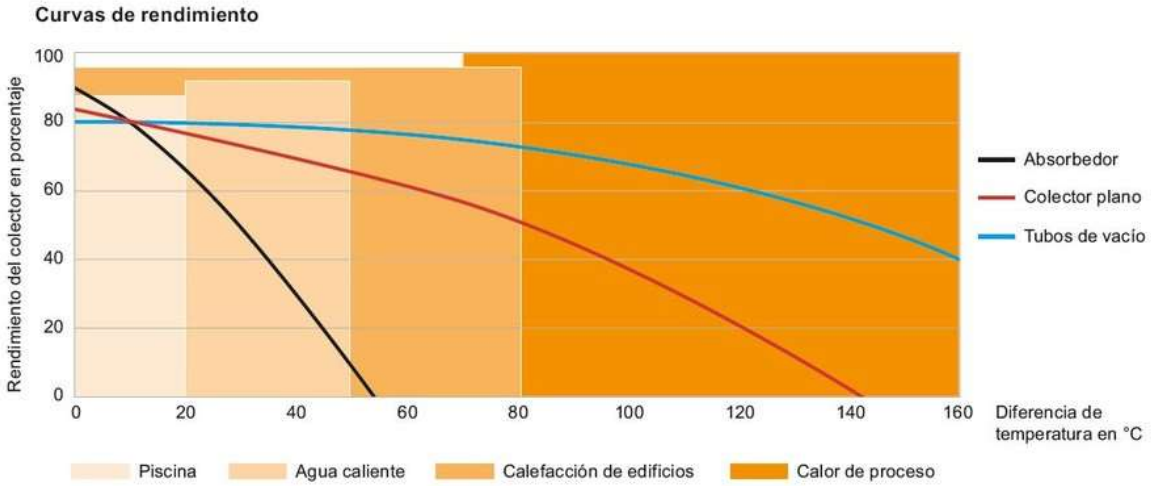


Figura 18: Curvas de rendimiento de los colectores y tipos de aplicación.

Fuente: Agencia Alemana de Energía.

Los distintos tipos de colectores tienen comportamientos muy diferentes y se emplean cada uno en aplicaciones distintas. El gráfico permite observar las características básicas de los colectores, desde los colectores sin cubierta que se utilizan generalmente para calentar las piscinas a los colectores tubulares que pueden servir para activar grupos frigoríficos o de climatización por absorción.

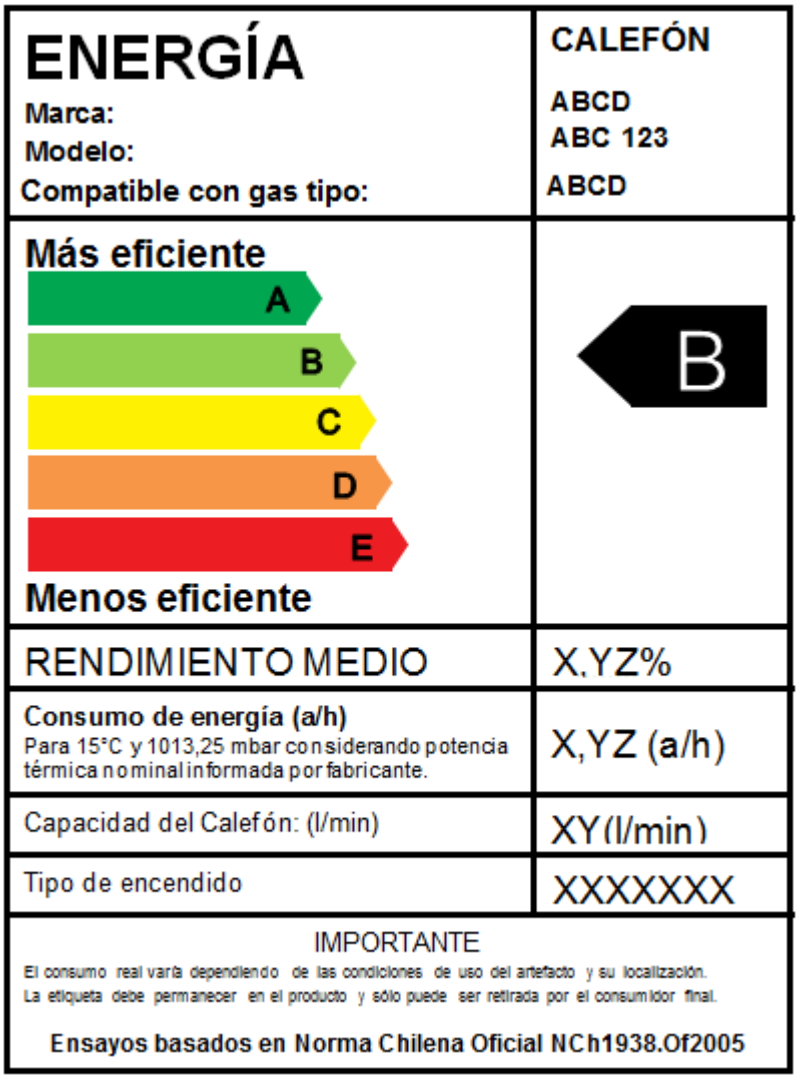
Es necesario recordar que un colector determinado, puede alcanzar altas temperaturas cuyo límite se sitúa, sobre el gráfico, en el punto de intersección entre la curva de rendimiento y el eje de las abscisas. A este valor es necesario añadir la temperatura ambiente del momento, lo que da la temperatura denominada "temperatura sin circulación de fluido”.

No es raro que las temperaturas "temperatura sin circulación de fluido” sean alcanzadas en el colector, razón para la cual es necesario tenerla en cuenta cuando se diseña el sistema para evitar los fenómenos de recalentamiento.

En cuanto al mantenimiento de los colectores tubulares al vacío, es sencilla y en muchos casos se consideran sin necesidad de mantenimiento, como el caso del colector heat pipe fujisol (FUJI-C-manual-instalacion-mantenimiento).

Eficiencia Energética Para Artefactos de Producción Instantánea de Agua Caliente (CALEFONES).

La etiqueta de eficiencia energética tiene por objetivo informar al consumidor final la eficiencia energética de los artefactos que utilizan energía en su operación. En particular, se consideran los de producción instantánea de agua caliente, para uso doméstico, que utilizan combustibles gaseosos (calefones).



ENERGÍA Marca: Modelo: Compatible con gas tipo:	CALEFÓN ABCD ABC 123 ABCD
Más eficiente A B C D E Menos eficiente	B
RENDIMIENTO MEDIO	X,YZ%
Consumo de energía (a/h) Para 15°C y 1013,25 mbar considerando potencia térmica nominal informada por fabricante.	X,YZ (a/h)
Capacidad del Calefón: (l/min)	XY(l/min)
Tipo de encendido	XXXXXXX

IMPORTANTE

El consumo real varía dependiendo de las condiciones de uso del artefacto y su localización.
La etiqueta debe permanecer en el producto y sólo puede ser retirada por el consumidor final.

Ensayos basados en Norma Chilena Oficial NCh1938.Of2005

Figura 19: Ejemplo de etiqueta de eficiencia energética para Calefón.

Clases de eficiencia energética

La eficiencia energética se clasificará en base a los resultados del rendimiento de acuerdo a las siguientes tablas:

Tabla 6: Clases de Eficiencia Energética para calefones con consumo térmico mayor a 10kW.

Clase de Eficiencia Energética	Rendimiento η_u (%)
A	$88 \leq \eta_u \leq 89$
B	$87 \leq \eta_u < 88$
C	$86 \leq \eta_u < 87$
D	$85 \leq \eta_u < 86$
E	$84 \leq \eta_u < 85$

Fuente: Ministerio de Energía (2015)

Tabla 7: Clases de Eficiencia Energética para calefones con consumo térmico menor o igual a 10kW.

Clase de Eficiencia Energética	Rendimiento η_u (%)
A	$88 \leq \eta_u \leq 89$
B	$87 \leq \eta_u < 88$
C	$85 \leq \eta_u < 87$
D	$83 \leq \eta_u < 85$
E	$82 \leq \eta_u < 83$

Fuente: Ministerio de Energía (2015)

Antecedentes del Proyecto.

Introducción al condominio.

El Condominio Esperanza fue fundado en el año 1991, como condominio de departamentos que se construyó con el apoyo de Serviu metropolitano y la donación del terreno por parte de la Ilustre Municipalidad de Santiago, como solución habitacional para profesores de la comuna de Santiago que no poseían vivienda propia. Sin embargo, debido a expropiaciones realizadas en el sector de Santa Isabel, el condominio sirvió como punto de relocalización de muchas familias que vivían en los lugares expropiados. Finalmente quedó conformado por 78 departamentos, donde 12 de ellos poseen salida directa a la calle Esperanza y los 66 restantes, cuentan con salida al interior del condominio.

En relación a los espacios comunes, éstos cuentan con una pequeña plaza central, un área de estacionamientos, escaleras y vías de uso peatonal, este espacio cuenta con conexiones de electricidad y agua, gastos que son prorrateados por los residentes.

La energía eléctrica consumida en los espacios comunes es suministrada por la empresa distribuidora Chilectra y gran parte del uso que se le da es con el fin de iluminar dichos espacios durante la noche.

Figura 20: Vista satelital del Condominio Esperanza, marcado en rojo.

Fuente: Google Maps.

En la actualidad, ya con más de 25 años de historia del recinto, alrededor del 30% de los habitantes del condominio son de la tercera edad, y cuentan con escasos recursos. Es por ello que los residentes del Condominio Esperanza desean evaluar el autoabastecimiento eléctrico fotovoltaico y termosolar como medida para disminuir el gasto, que actualmente se refleja en sus boletas de electricidad.

En cuanto al Agua Caliente Sanitaria (ACS), cada departamento cuenta con caldera (Calefon) independiente y se utiliza el GLP en cilindro como combustible.

Superficie disponible.

Techos para Paneles Fotovoltaicos: 78 departamentos de 24,5 metros cuadrados (7x3,5 metros), de los cuales la mitad posee techo, se calcula un espacio utilizable de 955,5 metros cuadrados.

Marco legal del proyecto.

Ley 20.571

Regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales. Esta ley ha sido conocida comúnmente como ley de Net-Billing o de Net-Metering debido a las similitudes que ésta tiene con regulaciones extranjeras que utilizan esta denominación, también se le llama Ley para Generación Distribuida, Generación Ciudadana o Ley de Facturación Neta. Hace referencia a que en las boletas que las empresas de suministro eléctrico (empresas distribuidoras) entregan a sus clientes se cobra o factura el valor neto resultante de la valorización de los consumos que tenga un Cliente, menos la valorización de sus inyecciones de energía.

Entró en vigencia el 22 de octubre de 2014 y su *objetivo es o*torgar a los clientes regulados el derecho a generar su propia energía eléctrica, consumirla y vender sus excedentes energéticos a las empresas distribuidoras de energía eléctrica.

Pueden acceder los clientes regulados, es decir, aquellos cuyo suministro eléctrico está sujeto a fijación de precios, que corresponden en general, a pequeños y medianos consumidores que tengan una capacidad conectada inferior a 500 kW, y aquellos con capacidad conectada entre los 500 y 5.000 kW que hayan optado por sujetarse al régimen de los clientes regulados de conformidad a la normativa vigente. Por ejemplo, los clientes residenciales y los comerciales o industriales pequeños, colegios, municipalidades, entre otros.
Para hacer uso de la Ley se deben utilizar sistemas basados en energías renovables o de cogeneración eficiente, de hasta 100 kW. Entre las fuentes de energía renovable, se cuentan por ejemplo, la energía solar, hidroeléctrica, eólica, de la biomasa, etc. La cogeneración es la generación simultánea de energía mecánica o electricidad y energía térmica útil, a partir de una fuente de energía.

El valor correspondiente a las inyecciones, será descontado en la boleta de suministro eléctrico correspondiente al mes en el cual se realizaron dichas inyecciones. De existir un saldo a favor del cliente, éste será considerado para descuento en las boletas siguientes y reajustados de acuerdo al IPC. Si en el período de un año o el tiempo establecido en el contrato, aún queda saldo a favor del cliente, ese será pagado por medio de vale vista u otro medio (debidamente informado al cliente por carta).

Cada empresa distribuidora debe mantener publicado el precio de la energía inyectada en conjunto con sus tarifas de suministro vigentes.

Para hacer uso del derecho a inyectar energía los proyectos de generación ciudadana requieren de acciones de coordinación con la empresa distribuidora de electricidad correspondiente. Este conjunto de acciones se llama procedimiento de conexión. El

procedimiento de conexión se inicia mediante el envío de una solicitud de conexión a la red a la empresa distribuidora y termina con la ejecución del protocolo de conexión de equipamiento de generación. Al igual que en todo proyecto eléctrico, se requiere la asistencia de un instalador eléctrico autorizado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). (Fuente: Ministerio de Energía)

Figura 21:Ejemplo de funcionamiento de la ley 20.571.

Fuente: (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, s.f.)

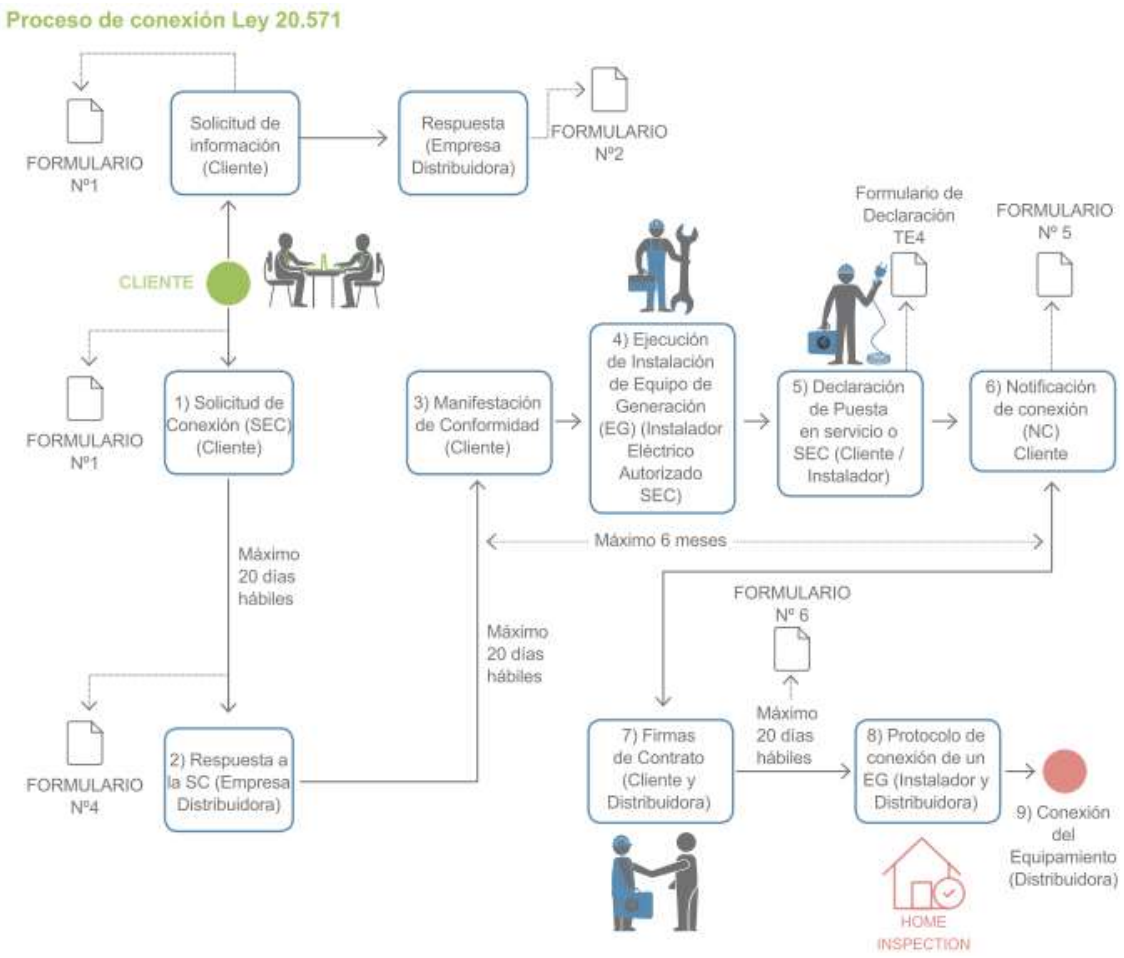


Figura 22:. Flujo del proceso de solicitud de conexión bidireccional, según ley 20571.

Fuente: Empresas Eléctricas AG.

Ley 20.365

Establece en su artículo 14º la facultad del Presidente de la República para establecer un mecanismo para financiar SST en viviendas sociales usadas, con un potencial de a lo menos 100 viviendas por Región durante la vigencia de la ley.

Ley 19.537

La ley 19.537 sobre Copropiedad Inmobiliaria incluyendo sus distintas modificaciones, la última realizada el 30 de mayo de 2015 a través de la ley 20.841, aplica en el condominio dado su condición de inmueble dividido en unidades sobre las cuales se puede constituir dominio (Ley 19537, Art. 1).

Dicha ley establece en el artículo 2 N°2 que bienes de dominio común incluyen entre otros a fachadas, muros exteriores y soportantes, estructuras y techumbres (donde se planificará la instalación de los paneles fotovoltaicos y colectores solares de agua caliente sanitaria).

Respecto a los gastos comunes, los establece como ordinarios y extraordinarios.

Gastos comunes ordinarios (Ley 19537, Art. 2 N°3):

- De administración
- De mantención
- De reparación
- De uso o consumo, éste último incluye a los servicios colectivos de calefacción, agua potable, gas, energía eléctrica, teléfonos y otros de similar naturaleza.

Gastos comunes extraordinarios (Ley 19537, Art. 2 N°4):

- Los gastos adicionales o diferentes a los gastos comunes ordinarios y las sumas destinadas a nuevas obras comunes.

En el artículo 45 de la ley 19537, se establece que

"Las empresas que proporcionen servicios de energía eléctrica, agua potable, alcantarillado, gas u otros servicios, a un condominio de viviendas sociales, deberán cobrar, conjuntamente con las cuentas particulares de cada vivienda, la proporción que le corresponda a dicha unidad en los gastos comunes por concepto del respectivo consumo o reparación de estas instalaciones. Esta contribución se determinará en el respectivo reglamento de copropiedad o por acuerdo de la asamblea de copropietarios, conforme a lo dispuesto en el artículo 4º."

Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Título II, mejoramiento de la vivienda.

Está destinado a familias propietarias o asignatarias de viviendas cuyo valor no exceda las 650 UF (Avalúo fiscal) o que hayan sido construidas por Serviu o algunos de sus antecesores (CORVI, CORHABIT, COU). Permite, en un trabajo conjunto con los vecinos, mantener y mejorar sus barrios, su entorno, equipamiento comunitario y sus viviendas. El título II (mejoramiento de la vivienda) contempla dos clases de subsidios.

Acondicionamiento térmico de la vivienda: tiene como fin mejorar el aislamiento de la vivienda de manera que la familia ahorre en calefacción y disminuya la condensación al interior de sus casas.

Reparación y mejoramiento de la vivienda: busca interrumpir el deterioro y renovar la casa de familias vulnerables y de sectores emergentes, apoyando el financiamiento de:

- Seguridad: reparación de cimientos, pilares, vigas, cadenas o estructura de techumbre y pisos u otras similares.
- Habitabilidad: mejoramiento de instalaciones sanitarias, eléctricas o de gas; reparación de filtraciones de muros y cubiertas; canales y bajadas de aguas lluvia; reposición de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos u otras similares.
- Mantención: reparación de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos, pinturas interiores o exteriores, u otras similares.
- Mejoramiento de bienes comunes edificados: mejoramiento de escaleras, pasillos comunes, techumbres en circulaciones comunes, protecciones, iluminación u otras similares, así como obras de los tipos señalados en los puntos anteriores que correspondan a bienes comunes edificados.
- Innnovaciones de eficiencia energética: colectores solares, iluminación solar, tratamientos de separación de aguas u otras similares.

Para la Región Metropolitana el monto de ahorro mínimo necesario para la postulación es de 3 UF, mientras el Subsidio Máximo a lograr es de 50 UF.

Herramienta para la Evaluación del Proyecto.

RETScreen[5], es la principal herramienta informática a nivel mundial utilizada para la toma de decisiones en energías limpias. El Gobierno de Canadá ofrece la herramienta de manera totalmente gratuita, como parte de su estrategia para trabajar en un marco integral en la lucha contra el cambio climático y reducción de la contaminación.

El software reduce costos financieros y de tiempo, asociados a la identificación y evaluación de proyectos energéticos potenciales. Permite a quienes toman decisiones, determinar si un proyecto de energías renovables, eficiencia energética o cogeneración es económicamente factible. Tanto si el proyecto es rentable como si no lo es, el programa determina su viabilidad.

RETScreen permite un análisis estándar en cinco pasos, incluyendo el análisis energético, de costos, de emisiones, financiero, de sensibilidad y de riesgo. Los modelos de proyecto de RETScreen abarcan todas las tecnologías e incluyen tanto las fuentes de energía limpia tradicionales como las no tradicionales, además de las fuentes y tecnologías de energía convencionales.

[5] RETScreen International. What is RETScreen?

Dentro de las herramientas de análisis existen bases de datos de productos de generación, datos hidrológicos e información climatológica (incluye 4.700 estaciones terrestres y datos de satélites de la NASA, que cubren toda la superficie del planeta). Además, el programa provee enlaces a mapas de recursos energéticos de todo el mundo.

Propuesta Metodológica

Para el desarrollo de este trabajo de memoria se dividirá en tres etapas.

- Inicio : Levantamiento de Información, planos de circuito, y cotizaciones
- Desarrollo : Modelo de escenarios y flujos de cajas para cada uno.
- Cierre : Representación de Resultados, Indicadores y Conclusiones.

A continuación el tiempo y recursos presupuestados para cada etapa.

Etapa	Tareas	Tiempo aproximado	Recursos
Etapa de Inicio	• Investigación de Antecedentes y Marco teórico. • Cotización de equipos e instalaciones.	6 semanas.	• *Computador con conexión a internet.* • *Permisos de Biblioteca.* • *Línea telefónica.* • *Escritorio.* • *Capacidad de traslado a terreno.*
Etapa de Desarrollo	• Modelo de Flujos de Caja. • Obtención de Indicadores.	3 semanas.	
Etapa de Cierre	• Presentación de Resultados. • Conclusiones y Recomendaciones.	2 semanas.	

Desarrollo

A continuación se presentan 2 casos de estudio, Aprovechamiento Fotovoltaico y Aprovechamiento Termo-Solar.

Aprovechamiento Fotovoltaico

Para poder implementar una instalación de generación eléctrica residencial y conectarse a la red de distribución, es necesario invertir en un equipo de generación cuyos componentes estén autorizados por la SEC. El listado completo de inversores, módulos y medidores que se encuentran certificados a la fecha actual se puede encontrar en su sitio web (www.sec.cl).

El equipo de generación se compone de los siguientes elementos principales:

- Modulo Fotovoltaico: Estos captan y convierten la radiación solar en electricidad. La electricidad generada por los paneles abastecerá a la vivienda y en caso de generarse más energía de la consumida por la vivienda, el excedente será inyectado a la red de distribución.
- Inversor: Su función es cambiar el voltaje de entrada que es de corriente continua a un voltaje de salida con corriente alterna con magnitud y frecuencia equivalente al utilizado en la red, en Chile 220 V y 50 Hz, para que pueda ser utilizada e inyectada a la red.
- Medidor Bidireccional: Componente encargado de registrar los consumos e inyecciones de energía desde o hacia la red de distribución.
- Tablero de distribución: Dispositivo donde se alojan los automáticos, diferenciales y materiales que interconectan los circuitos eléctricos.
- Cableado y conductores: Estos se utilizan para conectar los componentes descritos anteriormente. Deben tener la sección adecuada para reducir la caída de tensión y evitar el calentamiento; cumplir la normativa de canalización y recubrimiento, con protección a la intemperie.
- Estructura de soporte: Arreglo que debe soportar el peso de los módulos fotovoltaicos y el viento, debe ser resistente a la corrosión y cumplir con las exigencias mecánicas.

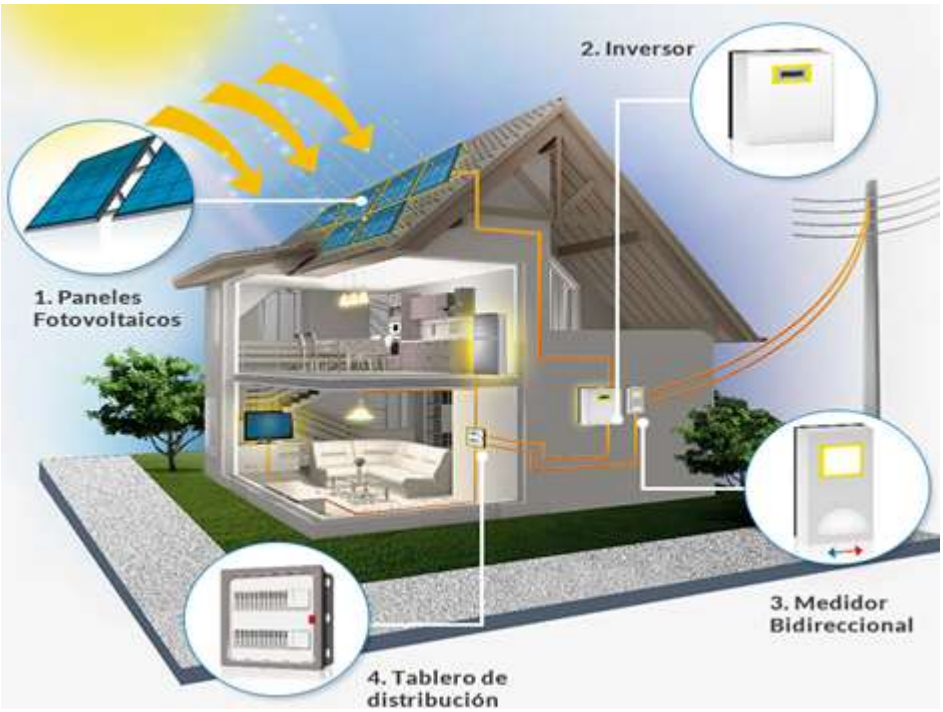


Figura 23: Equipamiento necesario para el autoconsumo.

Fuente: Chilectra.

Para llevar a cabo la conexión del medio de generación residencial fotovoltaica se debe cumplir con lo estipulado en el Reglamento DS N°71 de la Ley 20.571, tratado en capítulo 5.3 Generación residencial.

Debido a que en condominio Esperanza no existe un medidor centralizado, la instalación fotovoltaica se debe realizar por cada medidor, es decir por departamento, por lo cual la evaluación se realiza para una vivienda y se considera idéntica para las 77 restantes.

Capacidad del Sistema:

Por Uso de la Energía:

Para determinar la potencia del sistema de generación residencia, se requiere analizar la curva diaria de demanda residencial para días de trabajo y para fines de semana. Con este fin se utilizan las curvas promedio obtenidas a partir de mediciones de los consumos de clientes BT1 o regulados, realizadas en un periodo anual.

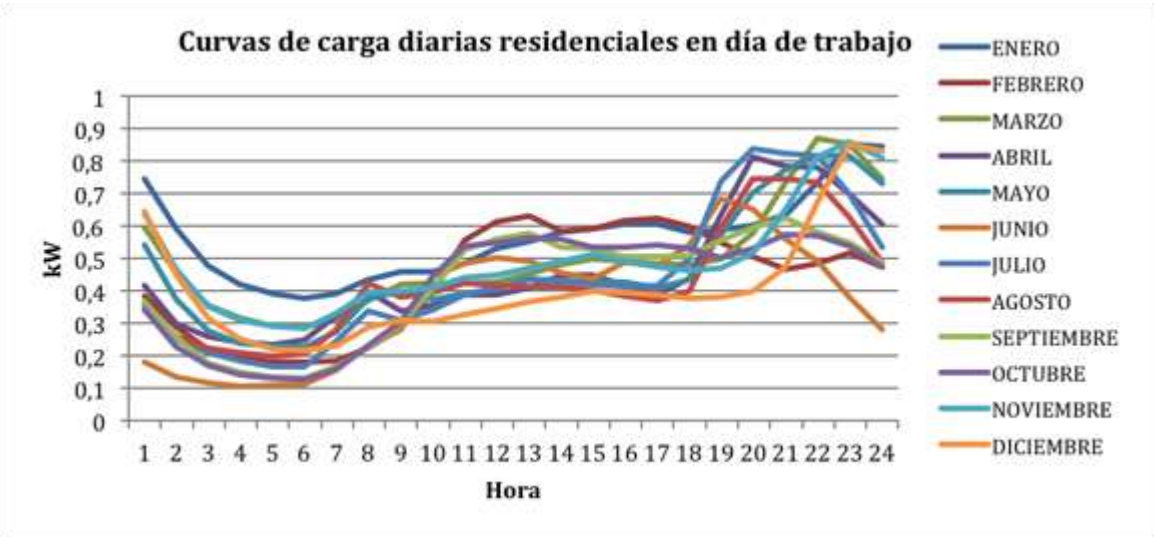


Figura 24: Curvas de carga residenciales para días de trabajo.

Fuente: Memoria Análisis de estacionalidad de la curva de demanda para clientes BT1, 2007.

Figura 25: Curvas de carga residenciales para fines de semana.

Fuente: Memoria Análisis de estacionalidad de la curva de demanda para clientes BT1, 2007.

Según estos datos, la demanda mínima de un cliente residencial es en promedio 300 Watts. Considerando esto, el análisis por uso de energía se realiza para sistemas de generación fotovoltaica que permita abastecer este consumo 300 Watt.

Mediante simulaciones en el Explorador Solar, se ha llegado que un panel de 300W entrega una generación promedio por hora, considerando cada mes del año, como sigue en la figura:

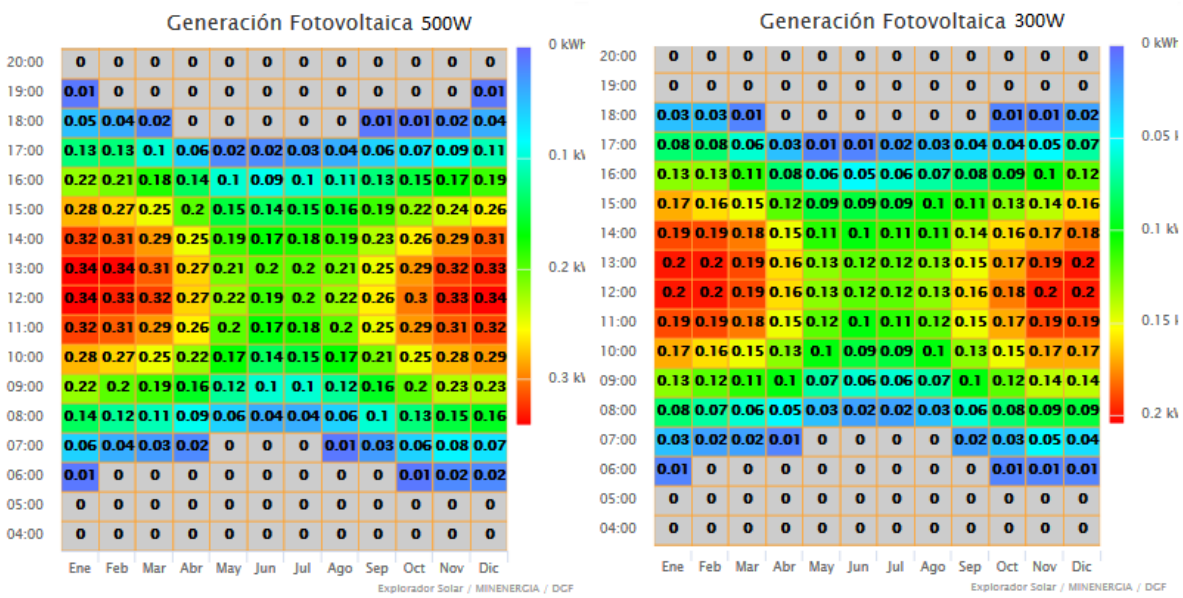


Figura 26: Comparación entre la Generación Fotovoltaica de cada Sistema en un día del año detallada por mes y hora.

Fuente: Explorador Solar.

En la figura anterior se aprecia que el mayor nivel de generación se produce entre el mediodía y las 14 horas, a la izquierda una potencia instalada de 500W, y a la derecha una potencia instalada de 300W, sin embargo en ésta última no se alcanza la demanda requerida de 300W, llegando sólo a 200W en las mejores condiciones de operación.

A continuación se presenta la generación promedio diaria de un panel de 500W.

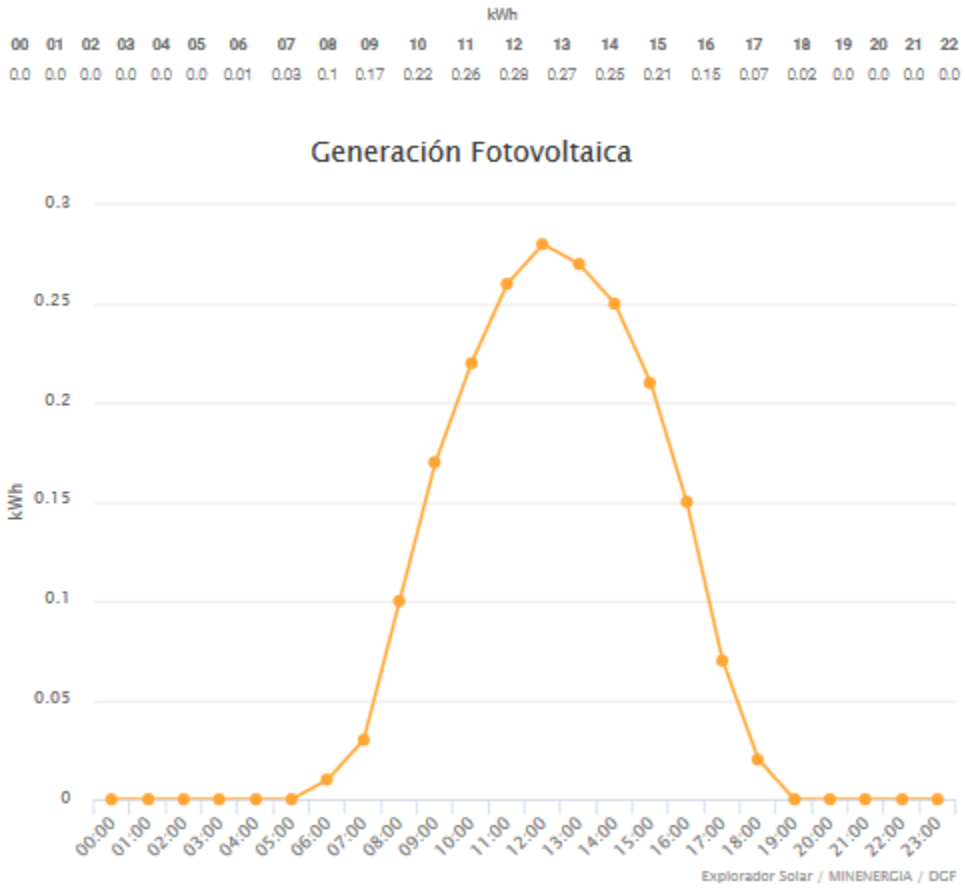


Figura 27: Ciclo Diario Promedio de Generación Fotovoltaica para el Sistema de 500W.

Fuente: Explorador Solar.

Es posible apreciar el peak de generación de 280W promedio al mediodía.

Evaluación Económica:

Para la Instalación Fotovoltaica son necesarios los siguientes componentes: Paneles Solares, Inversor de Corriente On-Grip, Medidor Bidirencional (Incluído en los servicios de Empalme de Chilectra), Cables y Conectores. Además de los siguientes servicios: Instalación por parte de un técnico certificado por la SEC, Servicios de Chilectra (Estudios técnicos, Empalme y Puesta en Servicio) y mantención anual.

Para determinar los costos de instalación se consideran los valores publicados en el sitio web de Natura Energy empresa que cuenta con técnicos certificados. Se modelan los costos en relación a la potencia del sistema y se obtiene lo siguiente:

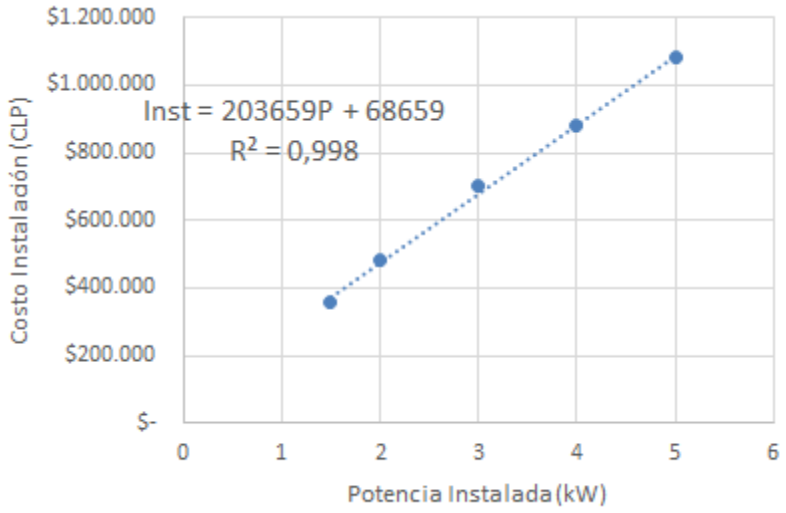


Figura 28: Modelo del Costo de Instalación en relación a la Potencia Instalada.

Fuente: Elaboración propia en baso a la información obtenida por Natura Energy, sobre costos de Instalación.

De acuerdo a esto la Instalación está dada por la ec. 1.1:

$$Instalación: 203.659 Potencia + 68.659 \quad , \quad (1.1)$$

$$R^2 = 0{,}998$$

Para los Costos de mantención se utiliza el Índice de precios de sistemas solares fotovoltaicos del Programa 4e, Mayo 2015, según tamaño de planta. De acuerdo a esto, se obtiene:

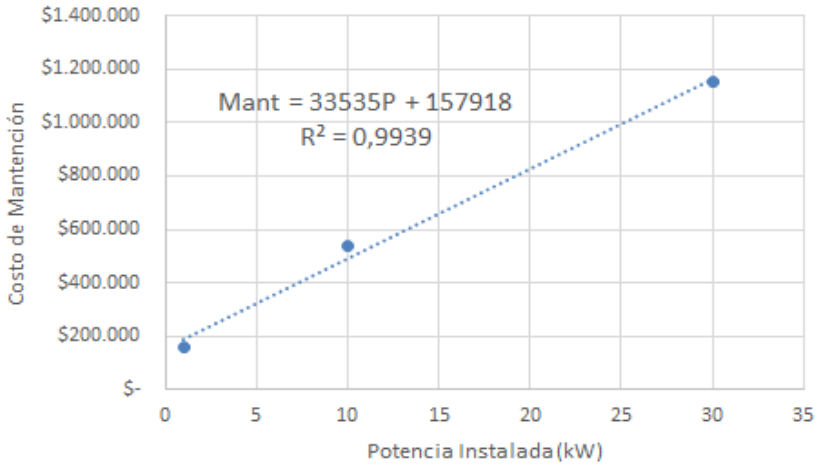


Figura 29: Modelo del Costo de Mantención en relación a la Potencia Instalada.

Fuente: CNE. Índice de precios de sistemas solares fotovoltaicos del Programa 4e, Mayo 2015, según tamaño de planta.

De acuerdo a esto la Instalación está dada por la ec. 1.2:

$$Mantención: 33.535Potencia + 157.918 \quad , \quad (1.2)$$

$$R^2 = 0{,}9939$$

Ambos modelos significativos con un R^2 por sobre 0,99 lo cual indica que los modelos son muy representativos de los datos.

<u>Sistema de 300W:</u>

Tabla 8: Costos de Servicios Para el Sistema Fotovoltaico de 300W.

Costo Servicio	$ clp
Costos Instalación Chilectra	$101.750
Instalación Técnico Certificado	$129.757
Total Servicios	$231.507
Mantención	167.979

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones en los Anexos.

Tabla 9: Valor de Cuotas de Mantención en relación a su periocidad para un Sistema de 300W.

Sistema 300 W	Mantención cada 3 años	Mantención cada 4 años	Mantención cada 5 años
Cuota de mantención anual	$55.993	$41.995	$33.596

Fuente: Elaboración Propia.

Se evalúa el proyecto usando Retscreen a 25 años considerando un sistema fotovoltaico de 300W compuesto por 1 panel policristalinos de 30W con 72 tubos de marca Ulica Solar, que concuerdan perfectamente con los datos contenidos en retscreen para los paneles China Sunergy de 300W.

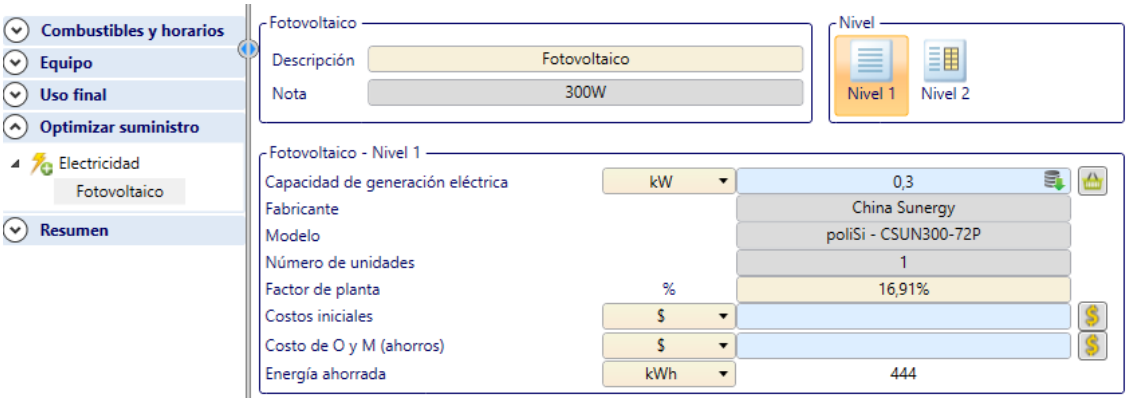


Figura 30: Modelo en RETScreen para un sistema fotovoltaico de 300W.

Fuente: Elaboración Propia.

La energía anual entregada por el sistema 444 kWh se considera 100% consumida, sin excedentes para inyectar al sistema, por lo que la tarifa considerada es única e igual a la cobrada por la empresa de distribución.

RETScreen - Análisis de Costos

Costos iniciales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Costos iniciales incrementales				$ -
Mostrar datos				
Instalación	costo	1	$ 129.757	$ 129.757
Panel 300W	costo	1	$ 165.410	$ 165.410
Inversor	costo	1	$ 114.264	$ 114.264
Cable	costo	20	$ 1.428	$ 28.560
Conector	costo	1	$ 1.904	$ 1.904
Servicios Chilectra + Medidor	costo	1	$ 101.750	$ 101.750
Costos iniciales totales				**$ 541.645**

Costos anuales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Costo de O y M (ahorros)	proyecto			$ -
Mostrar datos				
Costo de combustible - caso propuesto				$ (51.560)
Definido por el usuario	costo	1	$ 33.596	$ 33.596
Costos anuales totales				**$ (17.964)**

Ahorros anuales	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Definido por el usuario	costo			$ -
Ahorro total anual				**$ -**

Figura 31: Análisis de Costos en RETScreen para un Sistema de 300W.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa el desglose de costos y ahorros para el sistema, donde destacan los costos de instalación pagaderos al inicio y los costos de mantención; para los últimos se consideran 4 escenarios de mantención cada 3 años, 4 años, 5 años y sin mantenciones, donde los primeros 3 escenarios se consideran con cuotas anuales dado el alto costo de mantención.

Finalmente se hace el análisis financiero considerando una tasa de inflación anual de 3%[6] y un periodo de 25 años.

Tabla 10: Resultados Económicos de la Instalación de un Sistema Fotovoltaico de 300W en relación a la periocidad de Mantenciones.

	Sistema 300W			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Periocidad de mantenciones	cada 3 años	cada 4 años	cada 5 años	sin mantenciones
Costo Inicial Total	$ 541.645	$ 541.645	$ 541.645	$ 541.645
TIR a los 25 años	-	-2,70%	1,60%	11,40%
PAYBACK a i=3%	Ninguno	33 años	21,3 años	9 años
PAYBAcK a i=0	Ninguno	56,6 años	30,2 años	10,5 años
tCO_2 reducidas	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor Anual Mantenciones	$ 55.993	$ 41.995	$ 33.596	$ -

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

[6] Meta Inflacionaria Anual establecida en la Política del Banco Central. Fuente: Banco Central.

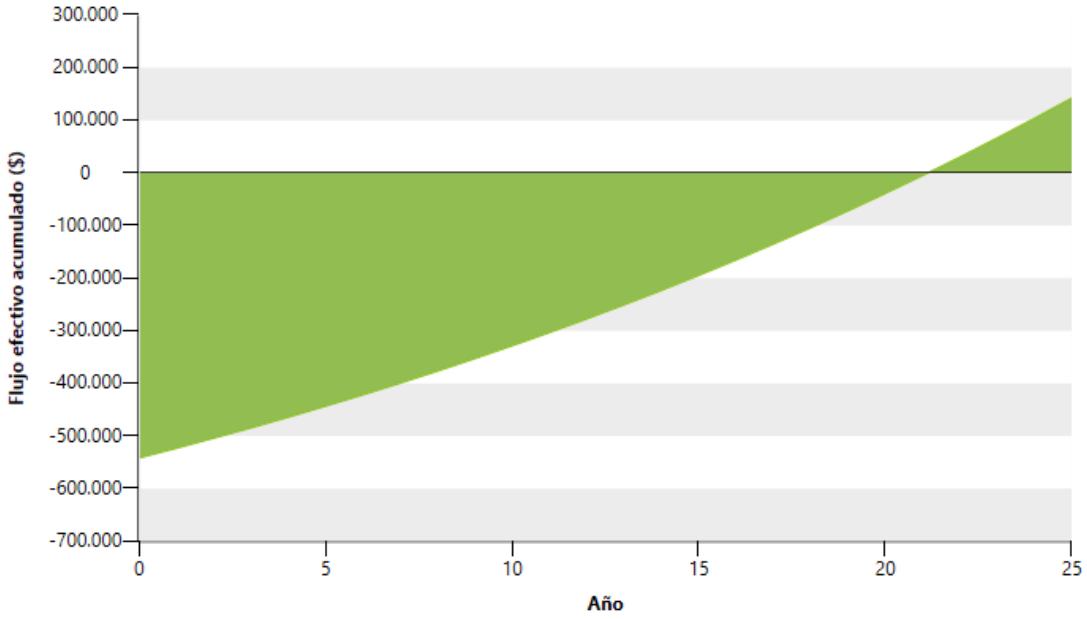


Figura 32: Ejemplo de Flujo Acumulado en un Escenario con Mantenciones periódicas para un sistema de 300W.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a esta evaluación sensibilizamos el Payback en relación a la tarifa de electricidad y a los costos iniciales en el escenario 3 (mantenciones cada 5 años) debido a que es el escenario de recuperación dentro del tiempo de vida del proyecto.

Tabla 11: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 300W en el escenario de mantenciones cada 5 años.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-41.248	-43.826	-46.404	-48.982	-51.560	-54.138	-56.716	-59.294	-61.872
$		-20,0%	-15,0%	-10,0%	-5,0%	0,0%	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%
433.316	-20,0%	> proyecto	> proyecto	23,0	20,1	17,9	16,1	14,6	13,4	12,4
460.398	-15,0%	> proyecto	> proyecto	24,0	21,0	18,7	16,9	15,4	14,1	13,1
487.481	-10,0%	> proyecto	> proyecto	25,0	21,9	19,5	17,6	16,1	14,8	13,7
514.563	-5,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,8	20,3	18,4	16,8	15,4	14,3
541.645	0,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	23,6	**21,1**	19,1	17,5	16,1	14,9
568.727	5,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	24,5	21,9	19,8	18,1	16,7	15,5
595.810	10,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,7	20,5	18,8	17,3	16,1
622.892	15,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	23,4	21,2	19,4	17,9	16,6
649.974	20,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	24,1	21,9	20,1	18,5	17,2

Fuente: Elaboración Propia en base a simulaciones en RETScreen.

Por último se considera el impacto de las mantenciones haciendo una simulación en un caso ideal en el que no se requieran mantenciones, cuyo caso el flujo acumulado queda de la siguiente forma:

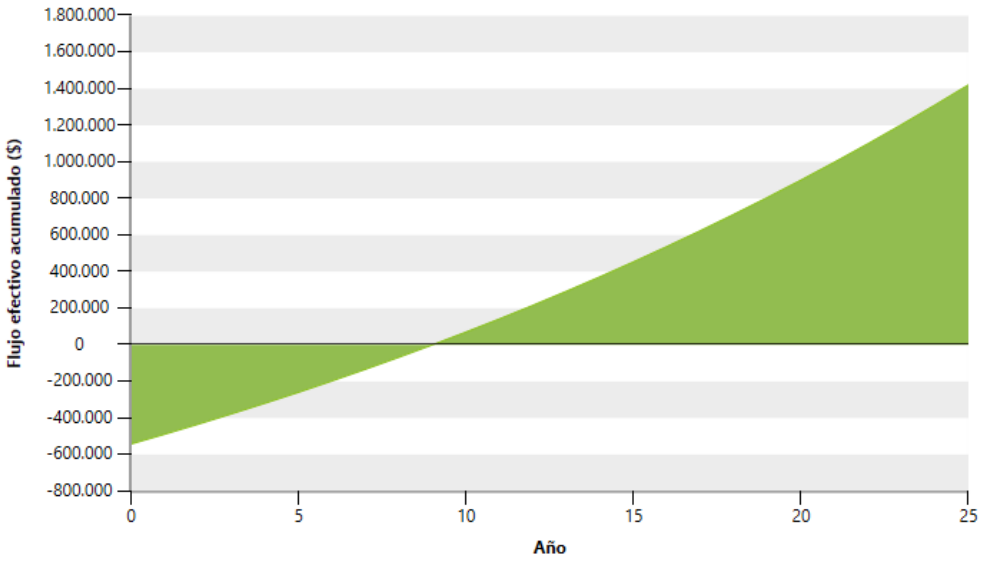


Figura 33: Flujo Acumulado en el Escenario sin Mantenciones Periodicas para el Sistema de 300W.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a lo anterior se presenta un análisis de sensibilidad en relación al Payback ante cambios en la tarifa eléctrica y los costos iniciales sin considerar mantenciones.

Tabla 12: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 300W en el escenario sin mantenciones.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad									
		-10.312	-15.468	-20.624	-30.936	-41.248	-51.560	-61.872	-72.184	-82.496	-92.808
$		-80,0%	-70,0%	-60,0%	-40,0%	-20,0%	0,0%	20,0%	40,0%	60,0%	80,0%
108.329	-80,0%	9,0	9,0	4,8	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	1,3	1,1
216.658	-60,0%	16,2	13,4	9,0	6,3	4,8	3,9	3,3	2,8	2,5	2,2
324.987	-40,0%	22,0	17,2	12,8	9,0	7,0	5,7	4,8	4,2	3,7	3,3
433.316	-20,0%	> proyecto	20,7	16,2	11,6	9,0	7,4	6,3	5,4	4,8	4,3
541.645	0,0%	> proyecto	23,8	19,2	13,9	11,0	**9,0**	7,7	6,7	5,9	5,3
649.974	20,0%	> proyecto	> proyecto	22,0	16,2	12,8	10,6	9,0	7,9	7,0	6,3
758.303	40,0%	> proyecto	> proyecto	24,6	18,2	14,5	12,1	10,3	9,0	8,0	7,2
866.632	60,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	20,2	16,2	13,5	11,6	10,1	9,0	8,1
974.961	80,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,0	17,7	14,8	12,8	11,2	10,0	9,0

Fuente: Elaboración Propia en base a simulaciones en RETScreen.

Sistema de 500W:

Tabla 13: Costos de Servicios Para el Sistema Fotovoltaico de 500W.

Servicio	Costo $ clp
Costos Instalación Chilectra	$101.750
Instalación Técnico Certificado	$170.489
Total Servicios Iniciales	$272.239
Mantención	174.686

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones en los Anexos.

Tabla 14: Valor de Cuotas de Mantención en relación a su periocidad para un Sistema de 500W.

Sistema 500 W	Mantención cada 3 años	Mantención cada 4 años	Mantención cada 5 años
Cuota de mantención anual	$58.229	$43.671	$34.937

Fuente: Elaboración Propia.

Se evalúa el proyecto usando Retscreen a 25 años considerando un sistema fotovoltaico de 500W compuesto por 2 paneles policristalinos de 250W con 60 tubos de marca Ulica Solar, que concuerdan perfectamente con los datos contenidos en retscreen para los paneles China Sunergy de 250W.

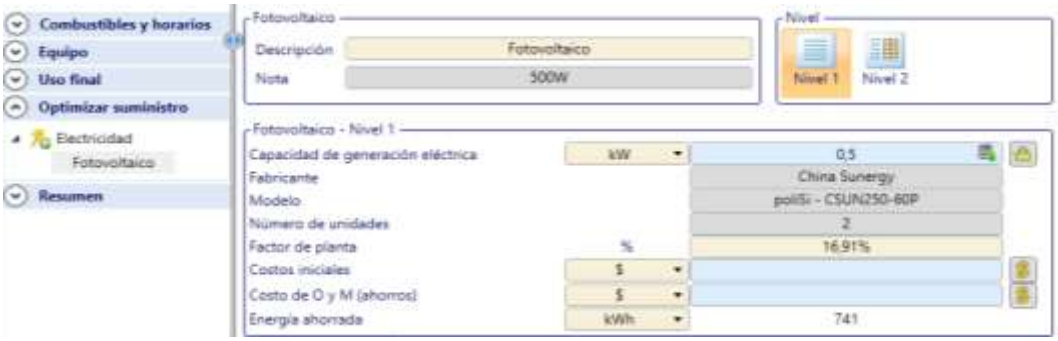


Figura 34: Modelo en RETScreen para un sistema fotovoltaico de 500W.

Fuente: Elaboración Propia.

La energía anual entregada por el sistema 741 kWh se considera 100% consumida, sin excedentes para inyectar al sistema, por lo que la tarifa considerada es única e igual a la cobrada por la empresa de distribución.

RETScreen - Análisis de Costos

Costos iniciales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Costos iniciales incrementales				$ -
Mostrar datos				
Sistema eléctrico de potencia				
Fotovoltaico			$ -	*Actualizar el costo*
Instalación Técnico	costo	1	$ 170.489	$ 170.489
Panel 250 W	costo	2	$ 137.512	$ 275.024
Inversor Ultra	costo	1	$ 199.990	$ 199.990
Cable	costo	20	$ 1.428	$ 28.560
Conector	costo	1	$ 1.904	$ 1.904
Servicios Chilectra + Medidor	costo	1	$ 101.750	$ 101.750
Costos iniciales totales				**$ 777.717**

Costos anuales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Costo de O y M (ahorros)	proyecto			$ -
Mostrar datos				
Costo de combustible - caso propuesto				$ (85.933)
	costo	1	$ 58.229	$ 58.229
Costos anuales totales				**$ (27.704)**

Ahorros anuales	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Definido por el usuario	costo			$ -
Ahorro total anual				**$ -**

Figura 35: Análisis de Costos en RETScreen para un Sistema de 500W.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa el desglose de costos y ahorros para el sistema, donde destacan los costos de instalación pagaderos al inicio y los costos de mantención; para los últimos se consideran 4 escenarios de mantención cada 3 años, 4 años, 5 años y sin mantenciones, donde los primeros 3 escenarios se consideran con cuotas anuales dado el alto costo de mantención.

Finalmente se hace el análisis financiero considerando una tasa de inflación anual de 3%[7] y un periodo de 25 años.

[7] Meta Inflacionaria Anual establecida en la Política del Banco Central. Fuente: Banco Central.

Tabla 15: Resultados Económicos de la Instalación de un Sistema Fotovoltaico de 500W en relación a la periocidad de Mantenciones.

	Sistema 500W			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Periocidad de mantenciones	cada 3 años	cada 4 años	cada 5 años	sin mantenciones
Costo Inicial Total	$ 777.716	$ 777.716	$ 777.716	$ 777.716
TIR a los 25 años	2,20%	5,60%	7,40%	13,30%
PAYBACK a i=3%	20 años	14,5 años	12,4 años	7,9 años
PAYBAcK a i=0	28,1 años	18,4 años	15,3 años	9,1 años
tCO_2 reducidas	0,3	0,3	0,3	0,3
Valor Anual Mantenciones	$ 58.229	$ 43.671	$ 34.937	$ -

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

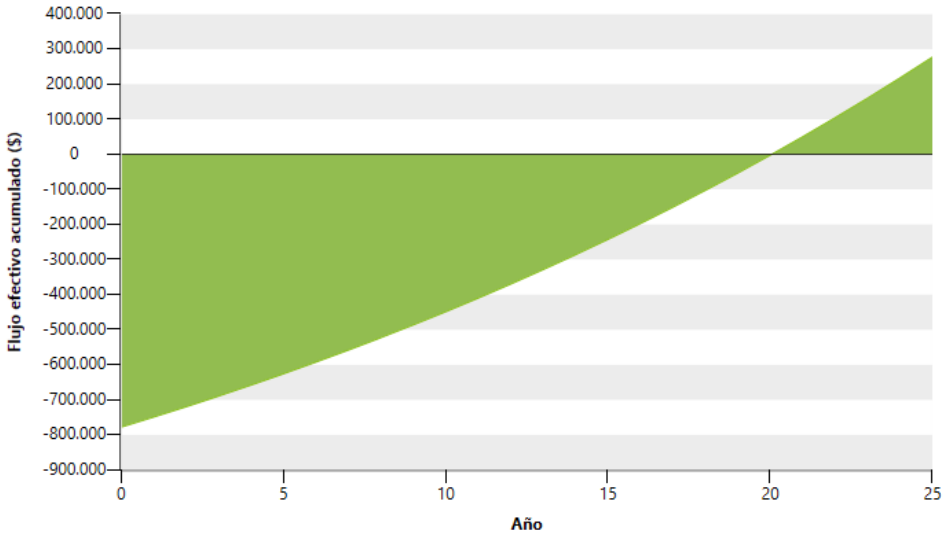


Figura 36: Ejemplo de Flujo Acumulado en un Escenario con Mantenciones periodicas para un sistema de 500W.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a esta evaluación sensibilizamos el Payback en relación a la tarifa de electricidad y a los costos iniciales en cada escenario debido a que es el escenario de recuperación dentro del tiempo de vida del proyecto.

Tabla 16: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 3 años.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-68.747	-73.043	-77.340	-81.637	-85.933	-90.230	-94.527	-98.823	-103.120
$		-20,0%	-15,0%	-10,0%	-5,0%	0,0%	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%
622.174	-20,0%	> proyecto	> proyecto	22,4	19,2	16,9	15,1	13,6	12,4	11,4
661.059	-15,0%	> proyecto	> proyecto	23,4	20,1	17,7	15,8	14,3	13,1	12,0
699.945	-10,0%	> proyecto	> proyecto	24,3	21,0	18,5	16,6	15,0	13,7	12,6
738.831	-5,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	21,9	19,3	17,3	15,6	14,3	13,2
777.717	0,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,7	**20,0**	18,0	16,3	14,9	13,7
816.603	5,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	23,5	20,8	18,6	16,9	15,5	14,3
855.489	10,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	24,3	21,5	19,3	17,5	16,1	14,8
894.375	15,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,2	20,0	18,2	16,6	15,4
933.260	20,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,9	20,6	18,8	17,2	15,9

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Tabla 17: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 4 años.

Costos Iniciales		Semnsibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-60.153	-66.598	-73.043	-79.488	-85.933	-92.378	-98.823	-105.268	-111.713
$		-30,0%	-22,5%	-15,0%	-7,5%	0,0%	7,5%	15,0%	22,5%	30,0%
544.402	-30,0%	22,8	17,8	14,6	12,4	10,8	9,5	8,5	7,7	7,1
602.731	-22,5%	24,5	19,2	15,8	13,5	11,8	10,4	9,3	8,5	7,8
661.059	-15,0%	> proyecto	20,6	17,1	14,6	12,7	11,3	10,1	9,2	8,4
719.388	-7,5%	> proyecto	22,0	18,2	15,6	13,6	12,1	10,9	9,9	9,1
777.717	0,0%	> proyecto	23,2	19,3	16,6	**14,5**	12,9	11,6	10,6	9,7
836.046	7,5%	> proyecto	24,5	20,4	17,5	15,4	13,7	12,4	11,3	10,3
894.375	15,0%	> proyecto	> proyecto	21,5	18,5	16,2	14,5	13,1	11,9	11,0
952.703	22,5%	> proyecto	> proyecto	22,5	19,4	17,1	15,3	13,8	12,6	11,6
1.011.032	30,0%	> proyecto	> proyecto	23,5	20,3	17,9	16,0	14,5	13,2	12,2

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Tabla 18: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 5 años.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-44.685	-56.716	-65.309	-75.621	-85.933	-96.245	-106.557	-116.869	-127.181
$		-48,0%	-34,0%	-24,0%	-12,0%	0,0%	12,0%	24,0%	36,0%	48,0%
544.402	-30,0%	> proyecto	17,7	11,1	8,6	7,0	5,9	5,1	4,5	4,1
602.731	-22,5%	> proyecto	19,4	13,2	10,3	8,5	7,2	6,2	5,5	4,9
661.059	-15,0%	> proyecto	21,1	15,2	11,9	9,8	8,4	7,3	6,4	5,8
719.388	-7,5%	> proyecto	22,6	17,1	13,5	11,2	9,5	8,3	7,4	6,6
777.717	0,0%	> proyecto	24,1	18,8	15,0	**12,4**	10,6	9,3	8,3	7,4
836.046	7,5%	> proyecto	> proyecto	20,5	16,4	13,7	11,7	10,3	9,1	8,2
894.375	15,0%	> proyecto	> proyecto	22,2	17,8	14,8	12,8	11,2	10,0	9,0
952.703	22,5%	> proyecto	> proyecto	23,7	19,1	16,0	13,8	12,1	10,8	9,7
1.011.032	30,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	20,3	17,1	14,8	13,0	11,6	10,5

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Por último se considera el impacto de las mantenciones haciendo una simulación en un caso ideal en el que no se requieran mantenciones, cuyo caso el flujo acumulado queda de la siguiente forma:

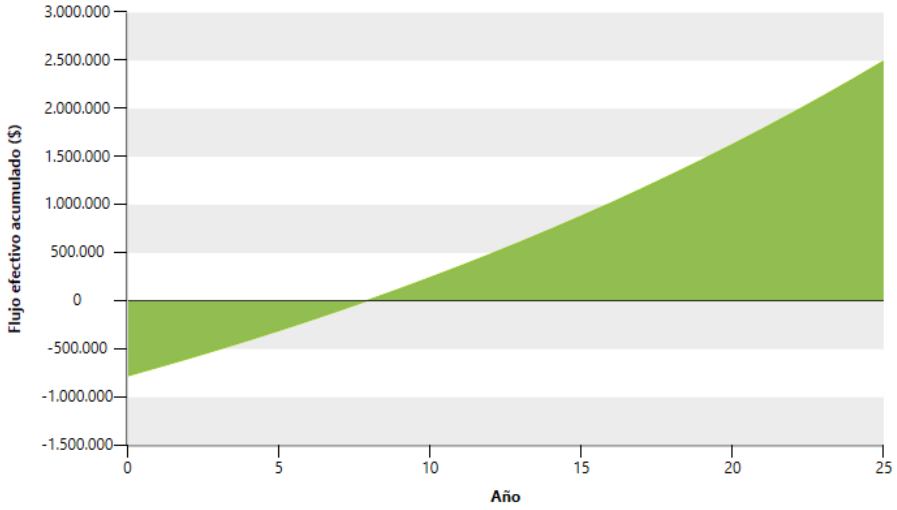


Figura 37: Flujo Acumulado en el Escenario sin Mantenciones Periodicas para el Sistema de 500W.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a lo anterior se presenta un análisis de sensibilidad en relación al Payback ante cambios en la tarifa eléctrica y los costos iniciales sin considerar mantenciones.

Tabla 19: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario sin mantenciones.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-17.187	-21.483	-34.373	-51.560	-68.747	-85.933	-103.120	-120.307	-137.493
$		-80,0%	-75,0%	-60,0%	-40,0%	-20,0%	0,0%	20,0%	40,0%	60,0%
155.543	-80,0%	7,9	7,9	4,2	2,8	2,2	1,7	1,5	1,2	1,1
311.087	-60,0%	14,3	12,8	7,9	5,5	4,2	3,4	2,8	2,5	2,2
466.630	-40,0%	19,7	17,1	11,3	7,9	6,1	5,0	4,2	3,6	3,2
622.174	-20,0%	24,4	20,9	14,3	10,2	7,9	6,5	5,5	4,7	4,2
777.717	0,0%	> proyecto	24,4	17,1	12,3	9,6	**7,9**	6,7	5,8	5,2
933.260	20,0%	> proyecto	> proyecto	19,7	14,3	11,3	9,3	7,9	6,9	6,1
1.088.804	40,0%	> proyecto	> proyecto	22,1	16,2	12,8	10,6	9,1	7,9	7,0
1.244.347	60,0%	> proyecto	> proyecto	24,4	18,0	14,3	11,9	10,2	8,9	7,9
1.399.891	80,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	19,7	15,8	13,1	11,3	9,9	8,8

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Aprovechamiento Termo-Solar

Para determinar el consumo de agua potable mensual por inmueble residencial, Se ha considerado el Informe de Gestión Sanitario 2014 realizado por la SISS, donde se observa que en 2014 el consumo promedio mensual por cliente (inmueble residencial) fue de $18{,}6\ m^3$.

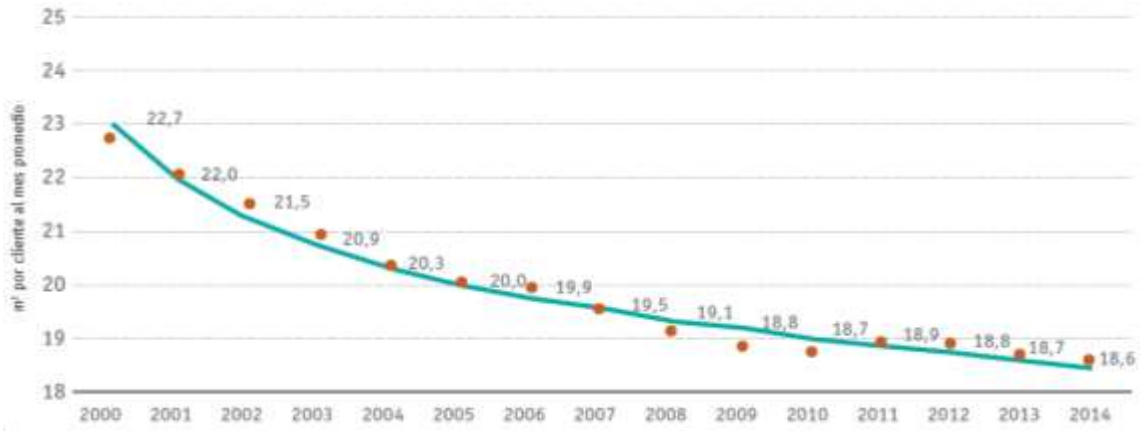


Figura 38: Promedio Anual de consumo mensual de agua sanitaria por vivienda en (m^3/mes).

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2015). Informe de Gestión del Sector Sanitario 2014.

Para la estimación del consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS), se tomará como referencia la demanda de agua utilizada en el uso de la ducha.

De acuerdo a lo anterior y considerando los datos referenciales del uso de agua potable entregados por Aguas Andinas S.A., que indican que el 30% del consumo de agua potable residencial corresponde al uso de ducha[8]. Se estima un uso de ACS promedio de 185 litros diarios por vivienda.

A modo de referencia, se hace el siguiente cálculo, siendo el calor específico del agua de 1 kcal por kg de agua, y suponiendo una densidad del agua de 1 kg/lt, la energía necesaria para elevar los 185 litro de consumo de agua diaria a una temperatura de 40 °C sería de 4.810 kcal[9], lo que significa a su vez el uso de 12 Kg de GLP mensuales[10], tomando el valor de un cilindro de gas de 11 kg para la comuna de Santiago es de $11.550 pesos[11], son necesarios $12.522 pesos para calentar 185 litros diarios a 40°C durante 1 mes.

Evaluación Económica:

Se evalúa el proyecto usando RETScreen a 15 años considerando un sistema termo solar presurizado al vacío con serpentín de cobre con estanque aislado de una capacidad de 200L marca PrismaSolar, que concuerda con los datos contenidos en RETScreen para el colector Evacuado Apricus AP-20.

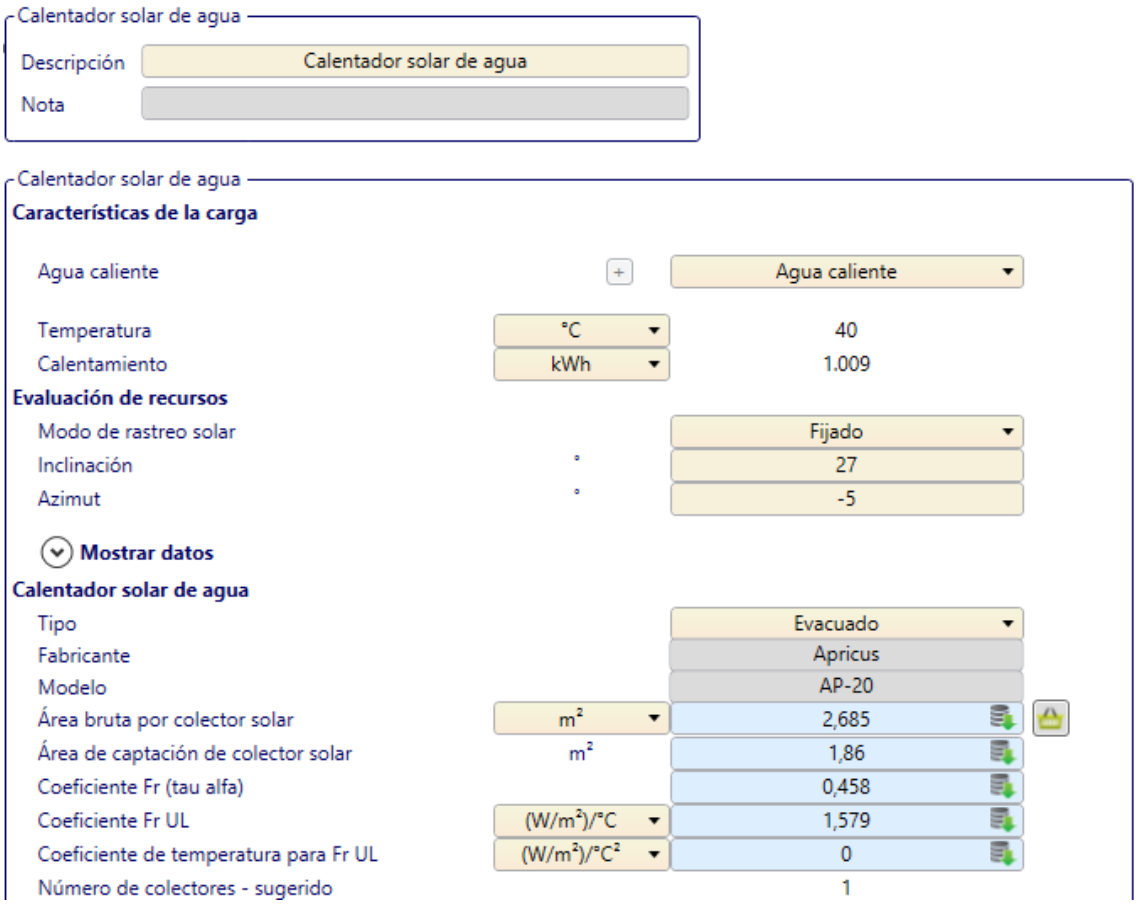
---

[8] Considerando una familia de 5 personas que consume 25 metros cúbicos de agua al mes, donde un 30% corresponde a uso de ducha tanto en invierno como en verano

[9] Estimando la temperatura inicial del agua potable en 14°C promedio.

[10] Para estos cálculo se utiliza la Tabla **¡Error! solo el documento principal.**: Densidades y Poderes Caloríficos Utilizados en el Balance Nacional de Energía. Contenida en Anexos.

[11] De acuerdo con el sistema en línea (www.gasenlinea.gob.cl) dispuesto por la Comisión Nacional de Energía (CNE), al día 24 de octubre de 2016.



Calentador solar de agua

Descripción	Calentador solar de agua
Nota	

Calentador solar de agua

Características de la carga

Agua caliente		Agua caliente
Temperatura	°C	40
Calentamiento	kWh	1.009

Evaluación de recursos

Modo de rastreo solar		Fijado
Inclinación	°	27
Azimut	°	-5

Mostrar datos

Calentador solar de agua

Tipo		Evacuado
Fabricante		Apricus
Modelo		AP-20
Área bruta por colector solar	m^2	2,685
Área de captación de colector solar	m^2	1,86
Coeficiente Fr (tau alfa)		0,458
Coeficiente Fr UL	$(W/m^2)/°C$	1,579
Coeficiente de temperatura para Fr UL	$(W/m^2)/°C^2$	0
Número de colectores - sugerido		1

Figura 39: Modelo en RETScreen para un SST de 200 litros.

Fuente: Elaboración Propia.

Para referenciar el calefon que se utiliza usualmente en los departamentos se considera el modelo en retscreen Kiturami Boiler con una potencia de 24 kW, muy similar al calefon junkers ionizado modelo Hydropower contenido en Anexos.

Sistema de calefacción

Descripción	Calentador de agua
Nota	

Sistema de calefacción

		Caso base	Caso propuesto	
Tipo de combustible		Propano - kg	Propano - kg	
Precio del combustible	$/kg	1.050	1.050	$/kg
☑ **Equipo de calefacción**				
Capacidad	kW	24	24	
Fabricante		Kiturami Boiler	Kiturami Boiler	
Modelo		Chool Kwang21-20K	Chool Kwang21-20K	
Número de unidades		1	1	
Eficiencia estacional	%	60%	60%	
Costos iniciales incrementales	$		0	
Ahorros incrementales O y M	$			

Figura 40: Referencia de Calentador de agua utilizado en el Sistema RETScreen para la Evaluación del SST.

Fuente: Elaboración Propia.

Se considera un periodo de operación de 12 horas al día ya que es el rango de tiempo en el que se demanda mayoritariamente el agua caliente sanitaria. La demanda diaria de ACS se considera de 185 litros diarios, por una temperatura de 40°C. La energía anual requerida para esto es de 1.009 kWh de lo cual el 61,6% puede ser cubierto con el sistema solar.

En relación a los costos destacan el termosolar y su instalación que representan casi el 90% de los costos asociados al proyecto, adicional a esto se considera libre de mantención dado los antecedentes del marco teórico y al igual que el caso del Colector FUJI (FUJI-C-manual-instalacion-mantenimiento).

RETScreen - Análisis de Costos

Costos iniciales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Costos iniciales incrementales				$ 297.500
Mostrar datos				
Instalación	costo	1	$ 215.900	$ 215.900
Tuberias y otros accesorios	costo	1	$ 66.997	$ 66.997
Costos iniciales totales				**$ 580.397**

Costos anuales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Costo de O y M (ahorros)	proyecto			$ 0
Mostrar datos				
Costo de combustible - caso propuesto				$ 46.898
Definido por el usuario	costo			$ -
Costos anuales totales				**$ 46.898**

Ahorros anuales	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Costo de combustible - caso base				$ 122.008
Definido por el usuario	costo			$ -
Ahorro total anual				**$ 122.008**

Figura 41: Análisis de Costos en RETScreen para un SST de 200 litros.

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente se hace el análisis financiero considerando una tasa de inflación anual de 3%[12] y un periodo de 15 años. De acuerdo a esto se obtiene una TIR de 14,8% con un Payback de 6,9 años y un Retorno simple de 7,7 años (este último no considera la inflación).

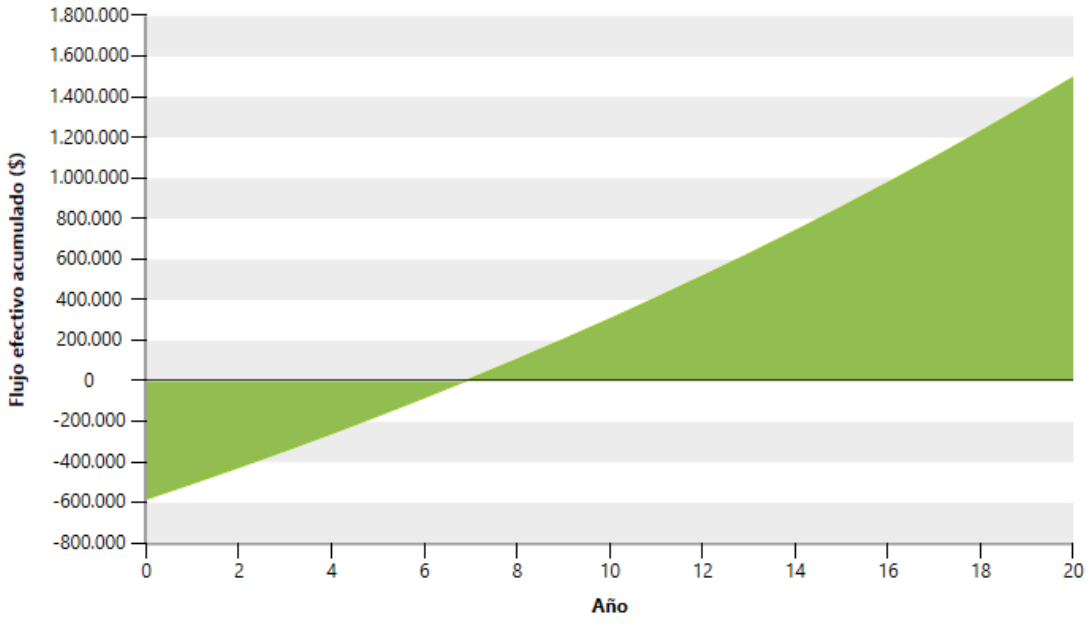


Figura 42: Flujo Acumulado para la evaluación del SST.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a esta evaluación sensibilizamos el Payback en relación al precio del GLP y a los costos iniciales por separado.

Tabla 20: Sensibilización del Payback Termosolar en relación a la tarifa de GLP(clp/kg).

Sensibilización en relación a la tarifa de GLP (clp/kg)

892,5	945	997,5	1.050	1.102,5	1.155	1.207,5
-15,0%	-10,0%	-5,0%	0,0%	5,0%	10,0%	15,0%
7,9	7,5	7,2	**6,9**	6,6	6,3	6,0

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

[12] Meta Inflacionaria Anual establecida en la Política del Banco Central. Fuente: Banco Central.

Tabla 21: Sensibilización del Payback Termosolar en relación a los Costos Iniciales Totales (clp).

Sensibilización en relación a los Costos iniciales totales (clp)

406.278	464.318	522.357	580.397	638.437	696.476	754.516
-30,0%	-20,0%	-10,0%	0,0%	10,0%	20,0%	30,0%
4,9	5,6	6,2	**6,9**	7,5	8,1	8,7

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Se consideran las emisiones de CO_2 reducidas que representan una reducción del 62% y ascienden a 0,2 tCO_2.

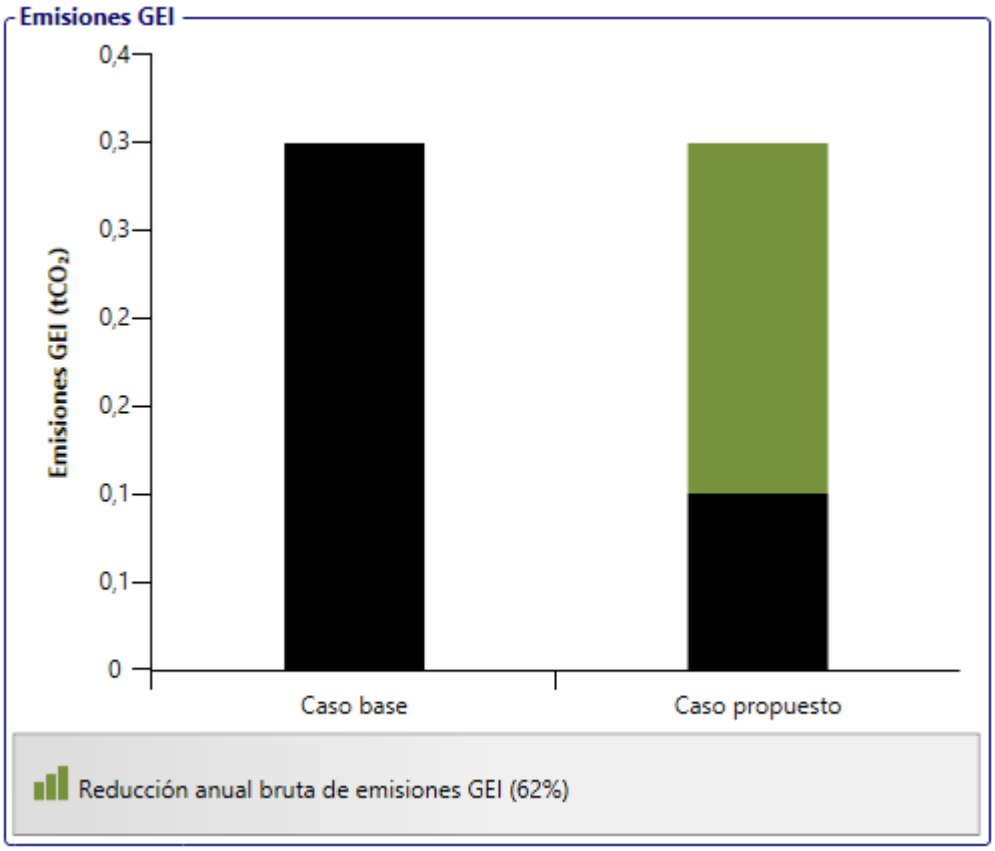


Figura 43: Reducción de emisiones de Dióxido de Carbono.

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados

Dadas las características del Condominio y sus instalaciones, las evaluaciones se realizaron bajo el punto de vista de una sola vivienda, cuya evaluación se considerará idéntica para cada una de las viviendas del condominio.

Sistema Fotovoltaico.

Se realizaron las evaluaciones para el sistema de 300W en el cual su potencia nominal iguala a la demanda base en horario de generación, y para el sistema sobredimensionado de 500W, en el que se obtienen generaciones en torno a los 300W en condiciones favorables siendo su peak de potencia promedio de 280W al mediodía.

Tabla 22: Comparación de Resultados de Evaluación Fotovoltaica con Mantenciones cada 3 años.

Escenario 1		
Periocidad de mantenciones	Cada 3 años	
Sistema	300W	500W
Costo Inicial Total	$ 541.645	$ 777.716
TIR a los 25 años	-	2,20%
PAYBACK a i=3%	Ninguno	20 años
PAYBAcK a i=0	Ninguno	28,1 años
tCO_2 reducidas	0,2	0,3
Valor Anual Mantenciones	$ 55.993	$ 58.229

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23: Comparación de Resultados de Evaluación Fotovoltaica con Mantenciones cada 4 años.

Escenario 2		
Periocidad de mantenciones	Cada 4 años	
Sistema	300W	500W
Costo Inicial Total	$ 541.645	$ 777.716
TIR a los 25 años	-2,70%	5,60%
PAYBACK a i=3%	33 años	14,5 años
PAYBAcK a i=0	56,6 años	18,4 años
tCO_2 reducidas	0,2	0,3
Valor Anual Mantenciones	$ 41.995	$ 43.671

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24: Comparación de Resultados de Evaluación Fotovoltaica con Mantenciones cada 5 años.

Escenario 3		
Periocidad de mantenciones	Cada 5 años	
Sistema	300W	500W
Costo Inicial Total	$ 541.645	$ 777.716
TIR a los 25 años	1,60%	7,40%
PAYBACK a i=3%	21,3 años	12,4 años
PAYBAcK a i=0	30,2 años	15,3 años
tCO_2 reducidas	0,2	0,3
Valor Anual Mantenciones	$ 33.596	$ 34.937

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25: Comparación de Resultados de Evaluación Fotovoltaica sin Mantenciones.

Escenario 4

Periocidad de mantenciones	Sin Mantenciones	
Sistema	300W	500W
Costo Inicial Total	$ 541.645	$ 777.716
TIR a los 25 años	11,40%	13,30%
PAYBACK a i=3%	9 años	7,9 años
PAYBAcK a i=0	10,5 años	9,1 años
tCO_2 reducidas	0,2	0,3
Valor Anual Mantenciones	$ -	$ -

Fuente: Elaboración Propia.

Sensibilización Sistema Fotovoltaico de 300W

Tabla 26: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 300W en el escenario de mantenciones cada 5 años.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-41.248	-43.826	-46.404	-48.982	-51.560	-54.138	-56.716	-59.294	-61.872
		-20,0%	-15,0%	-10,0%	-5,0%	0,0%	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%
433.316	-20,0%	> proyecto	> proyecto	23,0	20,1	17,9	16,1	14,6	13,4	12,4
460.398	-15,0%	> proyecto	> proyecto	24,0	21,0	18,7	16,9	15,4	14,1	13,1
487.481	-10,0%	> proyecto	> proyecto	25,0	21,9	19,5	17,6	16,1	14,8	13,7
514.563	-5,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,8	20,3	18,4	16,8	15,4	14,3
541.645	0,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	23,6	**21,1**	19,1	17,5	16,1	14,9
568.727	5,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	24,5	21,9	19,8	18,1	16,7	15,5
595.810	10,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,7	20,5	18,8	17,3	16,1
622.892	15,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	23,4	21,2	19,4	17,9	16,6
649.974	20,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	24,1	21,9	20,1	18,5	17,2

Fuente: Elaboración Propia en base a simulaciones en RETScreen.

Tabla 27: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 300W en el escenario sin mantenciones.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad									
		-10.312	-15.468	-20.624	-30.936	-41.248	-51.560	-61.872	-72.184	-82.496	-92.808
$		-80,0%	-70,0%	-60,0%	-40,0%	-20,0%	0,0%	20,0%	40,0%	60,0%	80,0%
108.329	-80,0%	9,0	9,0	4,8	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	1,3	1,1
216.658	-60,0%	16,2	13,4	9,0	6,3	4,8	3,9	3,3	2,8	2,5	2,2
324.987	-40,0%	22,0	17,2	12,8	9,0	7,0	5,7	4,8	4,2	3,7	3,3
433.316	-20,0%	> proyecto	20,7	16,2	11,6	9,0	7,4	6,3	5,4	4,8	4,3
541.645	0,0%	> proyecto	23,8	19,2	13,9	11,0	**9,0**	7,7	6,7	5,9	5,3
649.974	20,0%	> proyecto	> proyecto	22,0	16,2	12,8	10,6	9,0	7,9	7,0	6,3
758.303	40,0%	> proyecto	> proyecto	24,6	18,2	14,5	12,1	10,3	9,0	8,0	7,2
866.632	60,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	20,2	16,2	13,5	11,6	10,1	9,0	8,1
974.961	80,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,0	17,7	14,8	12,8	11,2	10,0	9,0

Fuente: Elaboración Propia en base a simulaciones en RETScreen.

Sensibilización Sistema Fotovoltaico de 500W

Tabla 28: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 3 años.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-68.747	-73.043	-77.340	-81.637	-85.933	-90.230	-94.527	-98.823	-103.120
$		-20,0%	-15,0%	-10,0%	-5,0%	0,0%	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%
622.174	-20,0%	> proyecto	> proyecto	22,4	19,2	16,9	15,1	13,6	12,4	11,4
661.059	-15,0%	> proyecto	> proyecto	23,4	20,1	17,7	15,8	14,3	13,1	12,0
699.945	-10,0%	> proyecto	> proyecto	24,3	21,0	18,5	16,6	15,0	13,7	12,6
738.831	-5,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	21,9	19,3	17,3	15,6	14,3	13,2
777.717	0,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,7	**20,0**	18,0	16,3	14,9	13,7
816.603	5,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	23,5	20,8	18,6	16,9	15,5	14,3
855.489	10,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	24,3	21,5	19,3	17,5	16,1	14,8
894.375	15,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,2	20,0	18,2	16,6	15,4
933.260	20,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	> proyecto	22,9	20,6	18,8	17,2	15,9

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Tabla 29: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 4 años.

Costos Iniciales		Semnsibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-60.153	-66.598	-73.043	-79.488	-85.933	-92.378	-98.823	-105.268	-111.713
$		-30,0%	-22,5%	-15,0%	-7,5%	0,0%	7,5%	15,0%	22,5%	30,0%
544.402	-30,0%	22,8	17,8	14,6	12,4	10,8	9,5	8,5	7,7	7,1
602.731	-22,5%	24,5	19,2	15,8	13,5	11,8	10,4	9,3	8,5	7,8
661.059	-15,0%	> proyecto	20,6	17,1	14,6	12,7	11,3	10,1	9,2	8,4
719.388	-7,5%	> proyecto	22,0	18,2	15,6	13,6	12,1	10,9	9,9	9,1
777.717	0,0%	> proyecto	23,2	19,3	16,6	**14,5**	12,9	11,6	10,6	9,7
836.046	7,5%	> proyecto	24,5	20,4	17,5	15,4	13,7	12,4	11,3	10,3
894.375	15,0%	> proyecto	> proyecto	21,5	18,5	16,2	14,5	13,1	11,9	11,0
952.703	22,5%	> proyecto	> proyecto	22,5	19,4	17,1	15,3	13,8	12,6	11,6
1.011.032	30,0%	> proyecto	> proyecto	23,5	20,3	17,9	16,0	14,5	13,2	12,2

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Tabla 30: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario de mantenciones cada 5 años.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-44.685	-56.716	-65.309	-75.621	-85.933	-96.245	-106.557	-116.869	-127.181
$		-48,0%	-34,0%	-24,0%	-12,0%	0,0%	12,0%	24,0%	36,0%	48,0%
544.402	-30,0%	> proyecto	17,7	11,1	8,6	7,0	5,9	5,1	4,5	4,1
602.731	-22,5%	> proyecto	19,4	13,2	10,3	8,5	7,2	6,2	5,5	4,9
661.059	-15,0%	> proyecto	21,1	15,2	11,9	9,8	8,4	7,3	6,4	5,8
719.388	-7,5%	> proyecto	22,6	17,1	13,5	11,2	9,5	8,3	7,4	6,6
777.717	0,0%	> proyecto	24,1	18,8	15,0	**12,4**	10,6	9,3	8,3	7,4
836.046	7,5%	> proyecto	> proyecto	20,5	16,4	13,7	11,7	10,3	9,1	8,2
894.375	15,0%	> proyecto	> proyecto	22,2	17,8	14,8	12,8	11,2	10,0	9,0
952.703	22,5%	> proyecto	> proyecto	23,7	19,1	16,0	13,8	12,1	10,8	9,7
1.011.032	30,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	20,3	17,1	14,8	13,0	11,6	10,5

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Tabla 31: Sensibilización del Payback en relación a la Tarifa de Electricidad y Costos Iniciales del Proyecto Fotovoltaico de 500W en el escenario sin mantenciones.

Costos Iniciales		Sensibilización en relación a la Tarifa de Electricidad								
		-17.187	-21.483	-34.373	-51.560	-68.747	-85.933	-103.120	-120.307	-137.493
$		-80,0%	-75,0%	-60,0%	-40,0%	-20,0%	0,0%	20,0%	40,0%	60,0%
155.543	-80,0%	7,9	7,9	4,2	2,8	2,2	1,7	1,5	1,2	1,1
311.087	-60,0%	14,3	12,8	7,9	5,5	4,2	3,4	2,8	2,5	2,2
466.630	-40,0%	19,7	17,1	11,3	7,9	6,1	5,0	4,2	3,6	3,2
622.174	-20,0%	24,4	20,9	14,3	10,2	7,9	6,5	5,5	4,7	4,2
777.717	0,0%	> proyecto	24,4	17,1	12,3	9,6	**7,9**	6,7	5,8	5,2
933.260	20,0%	> proyecto	> proyecto	19,7	14,3	11,3	9,3	7,9	6,9	6,1
1.088.804	40,0%	> proyecto	> proyecto	22,1	16,2	12,8	10,6	9,1	7,9	7,0
1.244.347	60,0%	> proyecto	> proyecto	24,4	18,0	14,3	11,9	10,2	8,9	7,9
1.399.891	80,0%	> proyecto	> proyecto	> proyecto	19,7	15,8	13,1	11,3	9,9	8,8

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Sistema Termosolar.

Dada la demanda estimada de 185 litros diarios de agua caliente sanitaria por vivienda, y las características de las instalaciones sanitarias del Condominio Esperanza, la evaluación se realizó considerando una sumatoria de viviendas unifamiliares, ya que todas las instalaciones son independientes entre sí, de esta forma los resultados modelados para una vivienda tipo se presentan a continuación:

Tabla 32: Resultados Económicos de la Instalación de un SST.

Costo Inicial Total	$	580.397
TIR		14,80%
PAYBACK a i=3%		6,9 años
PAYBAcK a i=0		7,7 años
tCO_2 reducidas		0,2
Fracción Solar		61,60%

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados de Sensibilización

Tabla 33: Sensibilización del Payback Termosolar en relación a la tarifa de GLP(clp/kg).

Sensibilización en relación a la tarifa de GLP (clp/kg)

892,5	945	997,5	1.050	1.102,5	1.155	1.207,5
-15,0%	-10,0%	-5,0%	0,0%	5,0%	10,0%	15,0%
7,9	7,5	7,2	**6,9**	6,6	6,3	6,0

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Tabla 34: Sensibilización del Payback Termosolar en relación a los Costos Iniciales Totales (clp).

Sensibilización en relación a los Costos iniciales totales (clp)

406.278	464.318	522.357	580.397	638.437	696.476	754.516
-30,0%	-20,0%	-10,0%	0,0%	10,0%	20,0%	30,0%
4,9	5,6	6,2	**6,9**	7,5	8,1	8,7

Fuente: Elaboración Propia en base a Simulaciones en RETScreen.

Conclusiones y Recomendaciones

El uso de energías renovables sin duda ha sido tema de discusión en los últimos años, los altos costos de la energía, los efectos de las emisiones de gases de efecto invernadero, la alta dependencia de combustibles fósiles en la matriz energética chilena y la necesidad de diversificación, han promovido la búsqueda de alternativas energéticas más económicas, seguras y limpias, es por eso que una de las metas de la política energética de Chile es que al año 2050 el 70% de la generación eléctrica del país provenga de energías renovables.

La oportunidad de aprovechamiento que ofrece la posición privilegiada de Chile frente a la radiación solar, invita a estudiar esta fuente inagotable de energía.

A nivel domiciliario la generación fotovoltaica, y los sistemas solares térmicos de agua sanitaria son las tecnologías más accesibles y populares para el autoabastecimiento. Ambas presentan múltiples ventajas entre ellas no producir residuos o emisiones de CO_2 u otros gases contaminantes, versatilidad al ser modulables no requiriendo de grandes intervenciones a las viviendas para su implementación y durables, hay sistemas que apenas requieren mantenimiento y en general tienen un riesgo de avería muy bajo lo que les permite una larga vida útil.

Desventajas

- La mayor producción coincide con las horas de menor consumo domiciliario.
- El desfasar el uso de la energía hacia horas de mayor consumo requiere de baterías que aún son costosas y de vida útil baja en relación al periodo de recuperación de la inversión.
- Las tarifas de inyección de energía a la red son alrededor del 55% de la tarifa de consumo final lo que desincentiva la inversión para sistemas por sobre el consumo base.
- Los flujos de ahorro son pequeños en relación a la inversión.

En relación al periodo de recuperación de la inversión, éste supera los 10 años cuando se consideran las mantenciones debido a que los flujos de ahorro se ven contrarrestados por estos costos.

Sin duda el sistema de 500W obtiene mayor rentabilidad en comparación al de 300W, por lo que la sobredimensión del consumo requerido es una mejor apuesta, sin embargo no lo suficiente como para hacer realmente atractiva la inversión a menos que no se consideren los costos anuales de mantención y que cada residente efectúe las mantenciones

personalmente, no obstante se requeriría capacitaciones que no están consideradas en este estudio.

En el caso de no considerar los costos de mantención el periodo de recuperación puede llegar a 8 años (7,9 en el caso del sistema de 500W), sin variar las condiciones iniciales.

El análisis de sensibilidad en torno a los costos iniciales es relevante tomando en cuenta posibles descuentos por volumen al incluir a los 78 departamentos en la evaluación, en relación a esto para el sistema de 300W los posibles ahorros no son suficiente incentivo considerando mantenciones; y en caso de no considerarlas, la reducción del costo debería representar al menos el 20% del costo inicial total para obtener un payback significante (7,4 años) sin alterar otros factores. Similar es el caso del sistema sobredimensionado, sin embargo considerando mantenciones cada 5 años el costo inicial debería reducirse en al menos 30% para resultar atractivo (Payback de 7 años) y sin considerar mantenciones mejora el período de recuperación en año y medio por cada 20% de rebaja.

En relación a los posibles cambios de tarifa eléctrica en el mediano y largo plazo, el análisis de sensibilidad se vuelve mucho más interesante debido a la Política Energética de Largo Plazo de Chile, que busca, entre otras metas, estar entre los 5 y 3 países con menores tarifas eléctricas en la OECD al año 2035 y 2050 respectivamente, lo que en el mediano plazo impulsará medidas que disminuyan la tarifa paulatinamente. Esta reducción en la tarifa afecta directa y negativamente al periodo de recuperación de los proyectos fotovoltaicos ya que los flujos de ahorro con que se sustenta el proyecto disminuyen en torno a la tarifa, y considerando la brecha existente entre Chile y el tercer lugar actual de menor tarifa eléctrica, la cual es 35% inferior en relación a la tarifa chilena (Key world energy statistics 2016, 2016), la única forma que los proyectos se paguen dentro de los primeros 20 años con esta reducción, es sin considerar el costo de las mantenciones.

Los Sistemas Solares Térmicos de Agua Sanitaria, al igual que la generación fotovoltaica presenta las ventajas del uso de energías limpias e inagotables, pero presentan una ventaja adicional, las horas de mayor uso coinciden con las horas de mayor aprovechamiento energético, esto permite abastecer una mayor proporción del consumo con la energía renovable.

El tiempo de recuperación de inversión de SST es notablemente inferior en comparación a proyectos fotovoltaicos, y en relación a la inversión inicial está al mismo nivel de la instalación fotovoltaica menor, todo esto lo convierte en una opción más atractiva.

En el caso en que las instalaciones de energía solar térmica no puedan proporcionar el 100% del agua caliente demandada el resto de la demanda puede ser fácilmente suplida por sistemas convencionales de producción de agua caliente (caldera de gas o gasóleo, calefont doméstico, etc.).

La inversión se amortiza con el ahorro energético. El sistema Termosolar puede ser amortizado en un periodo de 6,9 años, con una vida útil por sobre los 20 años. El período de amortización efectivo dependerá de las variaciones del precio del combustible que sustituye por el Termosolar, pues el análisis de sensibilidad indicó que un aumento del 15% valor del GLP lograría una recuperación del capital con casi un año de anticipación en relación al caso base.

Finalmente dada las condiciones del mercado eléctrico en Chile no se recomienda por el momento invertir en proyectos fotovoltaicos, principalmente por las lentas recuperaciones de capital y por la transformación que está teniendo el país optando cada vez más por generaciones a gran escala amigables con el medio ambiente, lo que implicaría en el largo plazo, un consumo más económico y limpio, directamente de la red de distribución.

Por otra parte los sistemas térmicos solares son recomendables, en caso del condominio Esperanza, la mejor opción sería postular al Programa de Protección del Patrimonio Familiar para subsidiar el proyecto parcial o totalmente, generando así una inversión inicial menor por parte de los residentes y por tanto una recuperación de capital en un periodo inferior a 5 años.

Bibliografía

Santana, C., Falvey, M., Ibarra, M., & García, M. (2014). Energías Renovables en Chile: El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé. *Santiago de Chile*.

Ministerio de energía (2015). *Energía 2050: Política Energética de Chile*. Publicado en Diario Oficial de Chile.

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2015). Informe de Gestión del Sector Sanitario 2014. *Cobertura Histórica de Agua Potable de las Principales Empresas Sanitarias. Superintendencia de Servicios Sanitarios.* Chile.

E. Jahnke (2014). Evaluación Económica de Alternativas de Calefacción Año 2014. Obtenido de http://www.territorioverde.cl/.

Deuman (2014). Estudio de Colectores Solares y Depósitos Acumuladores - Informe Final. Obtenido de http://dataset.cne.cl/.

Schallenberg Rodríguez, J. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. [Santa Cruz de Tenerife]: Instituto Tecnológico de Canarias.

MINENERGIA, GEF, PNUD, CDT (2010). *SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS II: Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria.* Santiago de Chile.

INE (2013). Síntesis de resultados Censo 2012. Obtenido desde www.censo.cl.

Transénergie (2006). Estudio del mercado solar térmico chileno. Informe Final – Versión Corregida – Noviembre 2006. Proyecto: Plan Nacional de fomento al uso de colectores solares. Obtenido de www.mercadosolar.cl.

Ministerio de energía (2015). Resolución Exenta N° 72 10/01/2015 Ministerio de energía. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE LA ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA ARTEFACTOS DE PRODUCCIÓN INSTANTÁNEA DE AGUA CALIENTE, PARA USO DOMÉSTICO, QUE UTILIZAN COMBUSTIBLES GASEOSOS (CALEFONES). Publicado en Diario Oficial de Chile.

Empresas Eléctricas AG. (2016). Reporte eléctrico transmisión y distribución. Marzo 2016.

INE (2013). *VII Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) periodo 2011-2012.* Chile

International Energy Agency. (2016). *Key world energy statistics*. International Energy Agency.

Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (s.f.). www.sec.cl

Explorador de Energía Solar. (s.f.). Obtenido de Explorador Solar: http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/

FUJI-C-manual-instalacion-mantenimiento. (s.f.). Obtenido de http://www.fujisol.com: http://www.fujisol.com/pdf/FUJI-C-manual-instalacion-mantenimiento.pdf

International Energy Agency. (2016). *Key World Energy Statistics.* International Energy Agency. Obtenido de https://www.iea.org

Jara Tirapegui, W. (2006). *Introducción a las energías renovables no convencionales (ERNC).* Santiago, Chile: ENDESA.

Ministerio de Energía. (2015). *Energía 2050: Política Energética de Chile.* Santiago. Obtenido de http://www.energia.gob.cl

Ferrís I Tortajada y COLS (2001). *Enfermedades Asociadas a la Polución Atmosférica por Combustibles*. Unidad de Oncología Pediátrica, Hospital Infantil Universitario La Fe. Valencia.

Saborido, M. (2011). Programa de Protección al Patrimonio Familiar. Santiago.

Ley 20.571 (2012). REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES. República de Chile.

Ley 19.537 (1997). SOBRE COPROPIEDAD INMOBILIARIA. República de Chile.

Anexos

PRECIOS DE SERVICIOS INFORMADOS

LISTA DE VALORES DE SERVICIOS INFORMADOS EFECTUADOS POR CHILECTRA S.A.
ESTOS PRECIOS INCLUYEN UN 19% DE IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA)
Vigencia desde el 01 de Mayo de 2016

SOLICITUDES DE PROYECTOS ASOCIADOS A GENERACIÓN DISTRIBUIDA - NET BILLING

1.- Estudios Técnicos:

a) Solicitud de Información (al presentar Formulario 1)	UF	0,691
b) Solicitud de Conexión (al presentar Formulario 3):		
• Con presentación de Formulario 1 Previo, cuando el Equipo de Generación < Capacidad Instalada Permitida		Sin Costo
• Con presentación de Formulario 1 Previo, cuando el Equipo de Generación > Capacidad Instalada Permitida	UF	0,949
• Sin presentación de Formulario 1 Previo (*)	UF	1,589

(*) En caso de que Equipo de Generación < Capacidad Instalada Permitida, se devolverá UF 0,898.

2.- Trabajos de Empalme:

Empalmes monofásicos

a) Cambio de medidor a bidireccional (no incluye equipo de medida)	UF	0,462
b) Cambio de medidor a bidireccional (incluye equipo de medida)	UF	2,720
c) Reprogramación de Medidor (**)	UF	0,422

Empalmes trifásicos

a) Cambio de medidor a bidireccional Trifásicos en B.T. sin Indicador de Demanda (no incluye equipo de medida)	UF	0,873
b) Cambio de medidor a bidireccional Trifásicos en B.T. con Indicador de Demanda (no incluye equipo de medida)	UF	1,022
c) Cambio de medidor a bidireccional Trifásicos en B.T. (incluye equipo de medida)	UF	17,3785
d) Reprogramación de Medidor (**)	UF	0,633

(**) Solo medidores con caracteristicas técnicas que permita registrar energía inyectada.

3.- Puesta en Servicio:

a) Supervisión puesta en servicio Equipo de Generación	UF	0,469

Figura 44: Lista de Valores de Servicios Informados Efectuados por Chilectra para Net Billing.

Fuente: Chilectra.

Figura 45: Cotización de Placa Fotovoltaica de 300W.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 46: Cotización de Placa Fotovoltaica de 250W.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 47: Cotización de Cable para Sistema Fotovoltaico.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 48: Cotización de Conector para Sistema Fotovoltaico.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 49: Cotización de Inversor ON-Grid de 300W.

Fuente: NGP (www.ngp.cl)

Figura 50: Cotización de Inversor ON-Grid de 500W.

Fuente: Natura Energy (www.naturaenergy.cl)

Tabla 35: Costos de Componentes de un Sistema Fotovoltaico de 300W.

Componente	Costo s/IVA	Costo + IVA	Cantidad	Total
Panel Solar 300W poli	$ 139.000	$ 165.410	1	$ 165.410
Inversor 300W	$ 96.020	$ 114.264	1	$ 114.264
Cable	$ 1.200	$ 1.428	20	$ 28.560
Conector	$ 1.600	$ 1.904	2	$ 3.808

Fuente: Elaboración Propia en Base a las precios contenidos en Anexos.

Tabla 36: Costos de Componentes de un Sistema Fotovoltaico de 500W.

Componente	Costo s/IVA	Costo + IVA	Cantidad	Total
Panel Solar 250 W poli	$ 115.556	$ 137.512	2	$ 275.023
Inversor 500W	$ 168.059	$ 199.990	1	$ 199.990
Cable	$ 1.200	$ 1.428	20	$ 28.560
Conector	$ 1.600	$ 1.904	2	$ 3.808

Fuente: Elaboración Propia en Base a las precios contenidos en Anexos.

Tabla 37: Costos de Instalación de un Sistema Fotovoltaico en relación a la Potencia Instalada.

kW Instalados	Costo Instalación
1,5	$ 360.000
2	$ 480.000
3	$ 700.000
4	$ 880.000
5	$ 1.080.000

Fuente: Elaboración Propia en base a los datos publicados por la empresa Natura Energy (www.naturaenergy.cl)

Cotizaciones TermoSolar

Figura 51: Cotización TermoSolar 200L.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 52: Cotización Válvula Termostática.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 53: Cotización Instalación de Termosolar.

Fuente: Energías Renovables de Chile (www.energiasrenovable.cl)

Figura 54: Cotización Tuberías para SST.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 55: Cotización Aislación para Tuberías de SST.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 56: Cotización de Copla para SST.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 57: Cotización de Codo 45 para SST.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 58: Cotización Terminal para SST.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Figura 59: Cotización de Llave de Bola Doble Unión para SST.

Fuente: ESOL (www.esol.cl)

Tabla 38: Cálculo del Costo total de un SST.

Sistema Termosolar				
Componente	Costo s/IVA	Costo + IVA	Cantidad	Total
Termosolar	$ 50.000	$ 297.500	1	$ 297.500
Válvula Termostática	$ 35.000	$ 41.650	1	$ 41.650
Tubería	$ 440	$ 524	24	$ 12.566
Aislación Tubería	$ 450	$ 536	12	$ 6.426
Coplas	$ 30	$ 36	10	$ 357
Codo	$ 40	$ 48	5	$ 238
Conector	$ 480	$ 571	5	$ 2.856
Llave bola	$ 2.440	$ 2.904	1	$ 2.904
Instalación	$ 181.429	$ 215.900	1	$ 215.900
Subtotal Valvulas y Fitting	$ 66.997			
Total Sistema (Comp+Serv)	$ 580.397			

Fuente: Elaboración Propia en Base a Cotizaciones.

JUNKERS		Calefones Hydropower 11, 14 y 16 litros
Modelos		WRD 14 - 2B
Dimensiones	mm	350 x 655 x 220
Peso empacado	kg	13
Diámetro collarín		5"
Litros por minuto	Lt/min	14
Tipo de gas		Gas Licuado / Gas Natural
Consumo de Gas Natural	m3/h	2,77
Consumo de Gas Licuado	kg/hr	2,2
Potencia Útil Nominal	kw	23,6
Diámetro de ducto sugerido para evacuación a los 4 vientos		5"
Diámetro de ducto sugerido para evacuación enfachada		-

Figura 60: Datos de Calefon de referencia para la Evaluación del SST.

Fuente: Junkers (www.junkers.cl)

AGUAS andinas

Consumo

¿Cuánta agua utilizo en mi hogar?

Para que tengas una idea, una familia de 5 personas consume en promedio, 25 mil litros de agua potable al mes. (100.000 vasos de agua aproximadamente)

USO	INVIERNO	VERANO
Ducha	250 litros	350 litros
Descarga del WC	300 litros	300 litros
Preparación de comidas y lavado de platos	80 litros	90 litros
Lavado en general	200 litros	245 litros
Riego	5 litros	165 litros
Total diario	835 litros	1.150 litros
Total mes	25.050 litros (100.200 vasos al mes)	34.500 litros (138.000 vasos al mes)

Figura 61: Ejemplo de consumo de agua potable domiciliaria.

Fuente: Aguas Andinas S.A.

Tabla 39: Densidades y Poderes Caloríficos Utilizados en el Balance Nacional de Energía.

Producto	Densidad TON/M3	Poder Calorífico KCAL/KG
PETRELEO COMBUSTIBLE 6	0,945	10.500
GAS LICUADO	0,550	12.100
GASOLINA AUTOMOVILES	0,730	11.200
KEROSENE	0,810	11.100
DIESEL	0,840	10.900
GAS NATURAL PROCESADO	-	9.341 (**)
LEÑA	-	3.500
CARBON	-	7.000
BIOGAS	-	5.600 (**)
ELECTRICIDAD	-	860 (***)(1)

(*) Promedio Isla, Continente y Costa Afuera
(**) KCAL/M3
(***) KCAL/M3
(****) KCAL/KWH (Equivalente Calórico Teórico Internacional)
(1) Equivalente Calórico práctico para Chile 2.750 KCAL/KWH hasta 1997
(1) Equivalente Calórico práctico para Chile 2.504 KCAL/KWH desde 1998

Fuente: Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE).

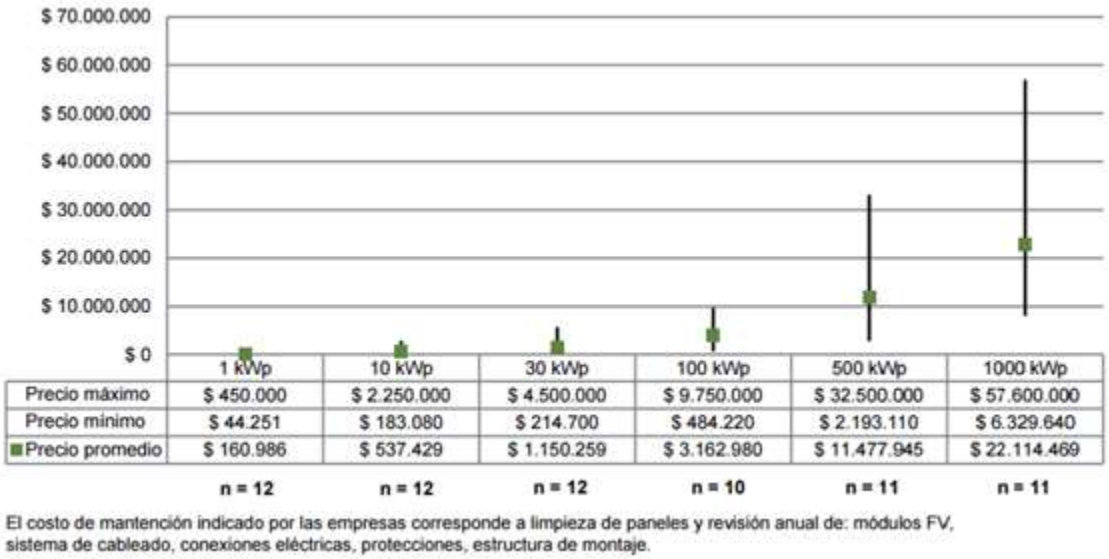


Figura 62: Costo anual de mantención de sistemas fotovoltaicos según tamaño de planta.

Fuente: Índice de precios de sistemas solares Fotovoltaicos, Programa 4e, Mayo 2015

Tabla 40: Precios GNL DES (promedio anual) USD/MMBtu.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BASE **1,15 HH + 4,0**	9,18	9,17	9,38	9,55	9,66	9,82
Adicional Quantity (AQ) Reference Case **0,10 * Brent**	10,60	10,78	10,65	10,78	11,12	11,54
Adicional Quantity (AQ) Low Prices Case **0,10 * Brent**	8,96	8,14	8,02	8,08	8,19	8,33
SPOT Reference Case	13,32	13,26	13,18	13,45	13,92	14,46
SPOT Low Prices Case	10,40	9,97	9,93	10,04	10,18	10,37
Nuevo Contrato **1,15 HH + 4,5**	9,71	9,70	9,91	10,08	10,19	10,35
Proyección CNE (1)	12,89	12,41	12,20	11,59	10,16	9,82

(1) La proyección de la CNE considera 12% Brent hasta 2018. En adelante utiliza 1.15 HH + 4.5. Agrega 0.12 USD/MMBtu por Terminal

Fuente: Informe de Proyección de CNE. Fijación de Precios de Nudo, Octubre 2014.

Glosario

OCDE

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.

Petróleo Brent

El crudo Brent es un petróleo liviano, aunque no tanto como el West Texas Intermediate (WTI). Contiene aproximadamente un 0,39% de azufre, siendo así considerado como petróleo dulce, aunque tampoco es tan dulce como el WTI. El Brent es ideal para la producción de gasolina.

Petróleo WTI

Según el EIA, el West Texas Intermediate (WTI) es una corriente de crudo producido en Texas y el sur de Oklahoma que sirve como referencia para fijar el precio de otras corrientes de crudo.

Precio de Nudo

Precio máximo aplicable al suministro de electricidad de clientes regulados, considerando el costo de generación y transporte, sin considerar la distribución. El precio nudo es el que fija la autoridad o el que resulta de los procesos de licitación de suministro de clientes regulados. (Central Energía)

Los precios de nudo se fijan semestralmente, en los meses de abril y octubre de cada año. Su determinación es efectuada por la Comisión Nacional de Energía (CNE), quien a través de un Informe Técnico comunica sus resultados al Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, el cual procede a su fijación, mediante un Decreto publicado en el Diario Oficial. (CNE)

La política de costos reales y la ausencia de economías de escala en el segmento generación, permiten fijar como precio el costo marginal de suministro, constituido por dos componentes:

- Precio básico de la energía

Promedio en el tiempo de los costos marginales de energía del sistema eléctrico operando a mínimo costo actualizado de operación y de racionamiento, durante el período de estudio; y

- Precio básico de la potencia de punta

Costo marginal anual de incrementar la capacidad instalada del sistema eléctrico considerando las unidades generadoras más económicas, determinadas para suministrar potencia adicional durante las horas de demanda máxima anual del sistema eléctrico, incrementado en un porcentaje igual al margen de reserva de potencia teórico del sistema eléctrico.

Para cada una de las subestaciones del sistema eléctrico se calcula un factor de penalización de energía y otro de potencia que multiplicado por el respectivo precio básico de la energía y potencia de punta, determina el precio de la energía y potencia en la subestación respectiva. (CNE)