

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA SUSTENTACIÓN ENERGÉTICA DE
UNA CAFETERÍA, MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Sebastián Ignacio Rodríguez Gutiérrez

Profesor guía:

Eduardo Vidal Páez

2018

RESUMEN

KEYWORDS: ENERGÍA RENOVABLE - IMPLEMENTACIÓN - GENERACIÓN FOTOVOLTAICA - REDUCCIÓN DE COSTOS

En los últimos años se ha podido apreciar la demanda de energía eléctrica en el país, sin embargo, hoy se puede ver como las condiciones climáticas son desfavorables para la generación de esta proveniente de centrales hidroeléctricas, a esto se suma el impacto negativo que ocasionan las centrales termoeléctricas en el medio ambiente, lo que ha conllevado en este último tiempo a fomentar el uso de energías renovables con la finalidad de convertirla en energía eléctrica.

En el presente trabajo de título se busca recomendar la inversión de instalar un sistema fotovoltaico (FV) a través de la Ley de Generación Distribuida (Ley 20.571; sistema que permite la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y cogeneración eficiente), para una cafetería ubicada en la Ciudad de Illapel, Provincia del Choapa, Región de Coquimbo. La iniciativa de este estudio de factibilidad técnica surge por la necesidad de abastecer de energía a los equipos que componen el local comercial, además de reducir las cuentas del suministro de servicio eléctrico e incentivar al uso de energía limpia en la provincia, impulsando al desarrollo sustentable del país.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, a través de la Ley 20.571, se instalan preferentemente en el techo de la vivienda o para este caso del local comercial y se conectan a la instalación eléctrica interior de la cafetería. Para que el sistema funcione correctamente, se necesita que la instalación eléctrica y el techo estén en buenas condiciones.

El siguiente estudio, está pensado para una zona geográfica específicamente en el norte de Chile, la cual cumple las condiciones climáticas aptas para el uso de energía renovable a través de paneles fotovoltaicos.

Los capítulos que conforman el presente trabajo de título se detallan a continuación:

- Capítulo 1: Marco teórico y factores ambientales para la generación eléctrica fotovoltaica que se desea implementar en una cafetería en la ciudad de Illapel.
- Capítulo 2: Implementación, solución técnica y costos de los materiales que se utilizarán para la instalación de paneles fotovoltaicos.
- Capítulo 3: Evaluación económica de la implementación de un arreglo fotovoltaicos en la cafetería.

ÍNDICE

RESUMEN	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA	4
1.1. ENERGÍA SOLAR	5
1.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	5
1.3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	5
1.3.1. Funcionamiento del sistema fotovoltaico	6
1.3.2. Instalaciones aisladas de la red eléctrica (Off Grid)	7
1.3.3. Instalaciones conectadas a la red eléctrica (On Grid)	7
1.4. EQUIPOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	7
1.4.1. Paneles fotovoltaicos	7
1.4.2. Regulador	8
1.4.3. Baterías	9
1.4.4. Inversor	10
1.4.5. Estructuras de montaje	10
1.4.6. Cable fotovoltaico	11
1.4.7. Medidor bidireccional	11
1.5. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	12
1.6. FACTORES A CONSIDERAR PARA LA INSTALACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS	12
1.6.1. Incidencia en la orientación e inclinación	12
1.6.2. Incidencia de la luz solar	13
1.6.3. Efecto de la temperatura	14
1.6.4. Efecto de la sombra	14
1.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	15
1.7.1. Ventajas	15
1.7.2. Desventajas	15
1.8. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y DATOS METEREOLÓGICOS	15
1.8.1. Características topográficas del lugar donde se emplaza la cafetería	16
1.8.2. Radiación	17
1.8.3. Nubosidad	21
1.8.4. Temperatura	23
1.8.5. Viento	24

1.9.	IMPACTO AMBIENTAL DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA SOLAR	25
CAPÍTULO 2:	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA	27
2.1.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	28
2.1.1.	Simulador de generación fotovoltaica	30
2.2.	PROPUESTA PARA LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	32
2.2.1.	Consideraciones para la instalación	33
2.3.	MANTENIMIENTO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO	37
2.4.	SEGURIDAD ELÉCTRICA	38
2.4.1.	Análisis de riesgo eléctrico y mitigación	38
2.5.	ESPACIO FÍSICO PARA LA INSTALACIÓN	38
2.5.1.	Kits fotovoltaico incluye	40
2.5.2.	La instalación considera	40
2.5.3.	Condiciones de la instalación	41
2.5.4.	Condiciones de diseño y techumbre	41
2.5.5.	Condiciones de la conexión	41
2.6.	COTIZACIÓN DEL PROYECTO	42
2.6.1.	Kits fotovoltaico On Grid de 3 [kW] monofásico	42
2.7.	DIAGRAMA DE LA INSTALACIÓN	44
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA		45
3.1.	EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA	46
3.1.1.	Etapas del proyecto	47
3.1.2.	Estudio de mercado del proyecto	47
3.1.3.	Estudio técnico del proyecto	48
3.1.4.	Indicadores para la evaluación económica	49
3.1.5.	Tasa de descuento	49
3.1.6.	Determinación de moneda	50
3.2.	CUADRO RESUMEN DE COSTOS	50
3.3.	FLUJO DE CAJA PURO DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO A 12 AÑOS	52
3.4.	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO CON CRÉDITO DE 25 % DE LA INVERSIÓN Y CON	

	10% DE INTERÉS	53
3.5.	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO CON CRÉDITO DE 50 % DE LA INVERSIÓN Y CON 10% DE INTERÉS	54
3.6.	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO CON CRÉDITO DE 75% DE LA INVERSIÓN Y CON 10 % DE INTERÉS	55
3.7.	EVALUACIÓN DE FLUJOS DE CAJA DEL PROYECTO	56
3.7.1.	Proyecto con crédito a largo plazo del 25 %, 50 % y 75 % de la inversión	56
3.7.2.	Rentabilidad del proyecto con crédito	57
3.8.	SENSIBILIZACIÓN	57
3.8.1.	Variación en la inversión	58
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
	BIBLIOGRAFÍA	61
	ANEXOS	64
	ANEXO 1: LEY 20571	65
	ANEXO 2: PANEL FOTOVOLTAICO SOLAR KUHN	71
	ANEXO 3: INVERSOR DE CORRIENTE OMNIK	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Sistemas de generación fotovoltaica	6
Figura 1-2.	Panel fotovoltaico	8
Figura 1-3.	Regulador de carga solar	9
Figura 1-4.	Batería de ciclo profundo	9
Figura 1-5.	Inversor de corriente	10
Figura 1-6.	Estructura de montaje para paneles fotovoltaicos	10
Figura 1-7.	Cable fotovoltaico top solar	11
Figura 1-8.	Medidor bidireccional monofásico	11
Figura 1-9.	Incidencia de la radiación en un panel fotovoltaico	13
Figura 1-10.	Sombra sobre paneles fotovoltaicos	14
Figura 1-11.	Mapa de la ubicación seleccionada	16
Figura 2-1.	Fotografía frontal del local comercial	39
Figura 2-2.	Fotografía posterior del local comercial	39
Figura 2-3.	Techumbre del local comercial	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Ubicación geográfica del lugar seleccionado.	17
Tabla 1-2.	Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de [kWh/m²/día]. Radiación incidente en el plano horizontal.	18
Tabla 1-3.	Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de [kWh/m²/día]	18
Tabla 1-4.	Promedio horario de la radiación incidente en unidades de [W/m²]. Radiación incidente en el plano horizontal	19
Tabla 1-5.	Promedio horario de la radiación incidente en unidades de [W/m²]. Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del lugar	19
Tabla 1-6.	Promedio anual de la insolación diaria en unidades de [kWh/m²/día]. Radiación incidente en el plano horizontal	20
Tabla 1-7.	Promedio anual de la insolación diaria en unidades de [kWh/m²/día]. Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio	20
Tabla 1-8.	Frecuencia de nubosidad diurna. Porcentaje del mes con nubosidad diurna	21
Tabla 1-9.	Frecuencia de la nubosidad diurna. Porcentaje de la hora con nubosidad. Los ceros corresponden a horas donde no hay datos de nubosidad	22
Tabla 1-10.	Variación anual del porcentaje de nubosidad	23
Tabla 1-11.	Temperatura promedio mensual	23
Tabla 1-12.	Temperatura promedio para cada hora	23
Tabla 1-13.	Velocidad del viento a 5,5 [m]. Promedio mensual de la velocidad del viento.	24
Tabla 1-14.	Velocidad del viento a 5,5 [m]. Promedio de la velocidad del viento para cada hora	25
Tabla 2-1.	Detalle del consumo eléctrico de los artefactos del negocio y emisiones de CO ₂	29
Tabla 2-2.	Detalle del consumo eléctrico del negocio durante los meses del año 2016	30
Tabla 2-3.	Características del sistema fotovoltaico	30
Tabla 2-4.	Resultados de la generación fotovoltaica	31
Tabla 2-5.	Promedio de la generación total en cada mes	31

Tabla 2-6.	Promedio de la generación para cada hora del día	31
Tabla 2-7.	Total anual de la generación para cada año en la base de datos del Ministerio de Energía	32
Tabla 2-8.	Propuesta preliminar, antecedentes técnicos	33
Tabla 2-9.	Cotización de instalación kits fotovoltaico	42
Tabla 3-1.	Tasa de descuento	50
Tabla 3-2.	Cuadro resume de costos	51
Tabla 3-3.	Flujo de caja puro del proyecto fotovoltaico a 12 años	52
Tabla 3-4.	Flujo de caja del proyecto fotovoltaico a 12 años, con crédito de 25 % de la inversión y con 10 % de interés	53
Tabla 3-5.	Flujo de caja del proyecto fotovoltaico a 12 años, con crédito de 50 % de la inversión y con 10 % de interés	54
Tabla 3-6.	Flujo de caja del proyecto fotovoltaico a 12 años, con crédito de 75 % de la inversión y con 10 % de interés	
Tabla 3-7.	Conceptos aplicados en el flujo de caja	55
Tabla 3-8.	Comparativa de resultados obtenidos en los flujos de caja	56
Tabla 3-9.	Variación en la inversión	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1.	Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y un plano inclinado, separada en sus componentes, reflejada, difusa y directa	18
Gráfico 1-2.	Promedio horario de la radiación global instantánea incidente en un plano horizontal y un plano inclinado, separada en sus componentes reflejada, difusa y directa	20
Gráfico 1-3.	Promedio anual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y un plano inclinado para cada año de simulación	21
Gráfico 1-4.	Ciclo anual de frecuencia de nubosidad diurna	22
Gráfico 1-5.	Ciclo diario de frecuencia de nubosidad	22
Gráfico1-6.	Variación anual del porcentaje de nubosidad	23
Gráfico 1-7.	Ciclo diario de la temperatura media	24
Gráfico 1-8.	Ciclo anual de temperatura media	24
Gráfico 1-9.	Ciclo diario de la velocidad del viento	25
Gráfico 1-10.	Ciclo anual de la velocidad del viento	25
Gráfico 1-11.	Comparativa de emisiones de CO ₂ según distintas fuentes energéticas	26
Gráfico 2-1.	Ciclo anual de generación	31

Gráfico 2-2.	Ciclo diario de generación	32
Gráfico 2-3.	Variación anual de la generación fotovoltaica	32
Gráfico 3-1.	Variación en la inversión	58

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

CLIRAD-SW	: Goddard Climate and Radiation Branch
DGA	: Dirección General de Aguas
EA	: European cooperation for accreditation
ERNC	: Energías Renovables No Convencionales
FV	: Fotovoltaicos
GOES-EAST	: Geoestacionary Observational Enviromental Satellite Este
IAF	: International Accreditatio Forum
ILAC	: International Laboratories Accreditation Cooperation
PRI	: Periodo de Recuperación de la Inversión
TIR	: Tasa Interna de Retorno
VAN	: Valor Actual Neto
CO ₂	: Dióxido de Carbono
\$	: Signo de Peso (Moneda)
%	: Porcentaje
NCh	: Norma Chilena
SEC	: Superintendencia de Electricidad y Combustible
CC	: Corriente Continua
CA	: Corriente Alterna
CONAFE	: Compañía Nacional de Fuerza Eléctrica S.A.
UF	: Unidad de Fomento
ACESOL	: Asociación Chilena de Energía Solar
INDAP	: Instituto de Desarrollo Agropecuario

SIMBOLOGÍA

A	: Ampere
Hr	: Hora
Hz	: Hertz
kW	: Kilo Watts
m	: Metro
m ²	: Metro cuadrado
MW	: Mega Watts
S	: Segundo

W	: Watts
kWhr/m ² /día	: Kilo watts hora por metro cuadrado por día
W/m ²	: Watts por metro cuadrado
V	: Voltaje
°C	: Grados Celsius
Wp	: Watts peak
Cm	: Centímetros
Kg	: Kilogramo
kW/hr	: Kilo watts por hora
kW/año	: Kilo watts por año
kWp	: Kilo watts peak
mm ²	: Milímetros cuadrados

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Chile existe dificultad en el ámbito de generación de energía eléctrica, con respecto a cómo se produce debido al impacto medioambiental que generan las industrias de generación eléctrica. Varios expertos en materia energética llevan años advirtiendo que la base de nuestra energía es débil, situación que se acentúa en periodos de sequía. Por lo cual, Chile se posiciona como una economía desarrollada, y debe realizar inversiones en esta materia, primeramente por parte del gobierno, al respecto existe importante información declarada en “Estrategia Nacional de Energía 2012 – 2030”, independiente lo anterior es importante incentivar a la parte privada, objeto hacer frente a un mayor impacto de consumo de energía en el futuro.

Cabe señalar el gran valor que actualmente tienen los embalses en el país, en relación a la compleja situación hídrica, existen zonas donde el déficit alcanza un promedio de 28 %, debido principalmente a los embalses mixtos, dedicados a la generación y al riego, representando un 51 % del volumen promedio total. No obstante lo anterior, los embalses de la zona norte dedicados al riego presentan un superávit de un 34 %, los otros tipos de embalses están bajo sus promedios en un 10 % con relación al mes de diciembre 2017, información basada en el Boletín N° 477 correspondiente al mes de enero 2018 de la Dirección General de Aguas (DGA).

Existe en Chile un conjunto de fuentes renovables denominadas “Energías Renovables No Convencionales (ERNC)”, correspondiente a aquellas fuentes que incluyen a la energía geotérmica, solar y eólica. Actualmente hay un aumento en la participación de las ERNC en la raíz de generación eléctrica nacional, esto debido a las condiciones tecnológicas reflejadas en precio y eficiencia.

En el país la oferta energética es principalmente de centrales consideradas del tipo convencional, energía que son de uso frecuente o que son las fuentes más comunes para producir energía eléctrica, estas contemplan a las centrales termoeléctrica a carbón, motores diésel, ciclo combinado, turbinas a petróleo o gas e hidroeléctricas. Las que de acuerdo a lo mencionado anteriormente, generan un gran impacto medioambiental. Es por ello que se le da énfasis a las ventajas significativas para la producción de energía eléctrica a través de la tecnología solar, principalmente en la zona centro y norte de Chile, que tiene la cualidad de tener los índices más elevados de radiación de acuerdo a los datos informados por el Ministerio de Energía.

Este proyecto considera evaluar la implementación de paneles fotovoltaicos en base a lo que dice la Ley de Generación Distribuida (Ley 20.571), sistema que permite la autogeneración de energía por medio de ERNC y cogeneración eficiente.

En relación a lo anterior, esta evaluación busca optimizar costos en materia energética, reduciendo el costo en consumo eléctrico, considerando los equipos con que cuenta la cafetería en su actual funcionamiento y proyectos futuros.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad técnica y económica del uso de paneles fotovoltaicos para abastecer de energía eléctrica a la cafetería Don Nene Café & Gelatería ubicada en la Ciudad de Illapel.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los equipos que participan en un sistema fotovoltaico y su funcionamiento, además de estudiar los factores ambientales que inciden en la generación de esta energía alternativa, para ser implementada en la cafetería.
- Evaluar la factibilidad técnica de la implementación de paneles fotovoltaicos, determinando el tipo y cantidad de módulos que pueden instalarse en la cafetería, conociendo la cantidad de energía que estos proporcionan para abastecer los equipos del negocio.
- Validar por medio de una evaluación económica la factibilidad del proyecto sobre la implementación de un arreglo fotovoltaico en la cafetería, esto para determinar si es conveniente la instalación de estos módulos fotovoltaicos a fin de reducir el costo en servicio eléctrico.

PROBLEMÁTICA

Debido a la demanda energética que existe hoy en día, la escases e impacto medioambiental generado por las centrales hidroeléctricas y termoeléctricas, más los costos de cuentas por servicio eléctrico, se busca estudiar si técnica y económicamente resulta factible la instalación de paneles solares en la cafetería Don Nene Café & Gelatería. Esto con la finalidad de abastecer con energía eléctrica sustentable los equipos que la integran, aprovechando las condiciones climáticas favorables que se presentan en

esa zona, además de disminuir el pago por el servicio de suministro eléctrico, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático y escases de energía.

El uso de energía solar no solo ofrece beneficios económicos para el propietario y/o usuario, sino también conlleva a; una solución limpia a problemas energéticos del país, es un aporte a la diversificación de la matriz energética en el país, forma de generación de energía segura y se incluye en la tendencia mundial por una economía sustentada en la disminución del uso de carbón, combatiendo los efectos del cambio climático y el calentamiento global.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA
FOTOVOLTAICA

1. MARCO TEÓRICO DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA

En la primera parte de este estudio se destacan los aspectos generales y el detalle de los equipos que se deben utilizar para desarrollar este proyecto.

1.1. ENERGÍA SOLAR

El sol es la mayor fuente de energía existente en nuestro planeta que se transmite por medio de ondas electromagnéticas emitidas de forma continua por los rayos solares. La energía percibida en forma de luz y calor puede ser aprovechada mediante captadores tales como; células fotovoltaicas, colectores térmicos o heliostatos, provocando una transformación en energía eléctrica o térmica.

1.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Fuente de energía que permite la producción de electricidad obtenida mediante la radiación solar que al ser captada por un dispositivo semiconductor llamado célula fotovoltaica, se transforma en energía eléctrica o también a través de una disposición de materiales fotovoltaicos sobre un sustrato llamado célula solar de película fina, esto con la finalidad de suministrar energía limpia y sustentable al uso doméstico, comercial o industrial.

1.3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Las instalaciones fotovoltaicas se dividen de acuerdo a su objetivo, principalmente en:

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica (Off Grid) que son las que cumplen la función de satisfacer total o parcial los requerimientos de energía eléctrica de

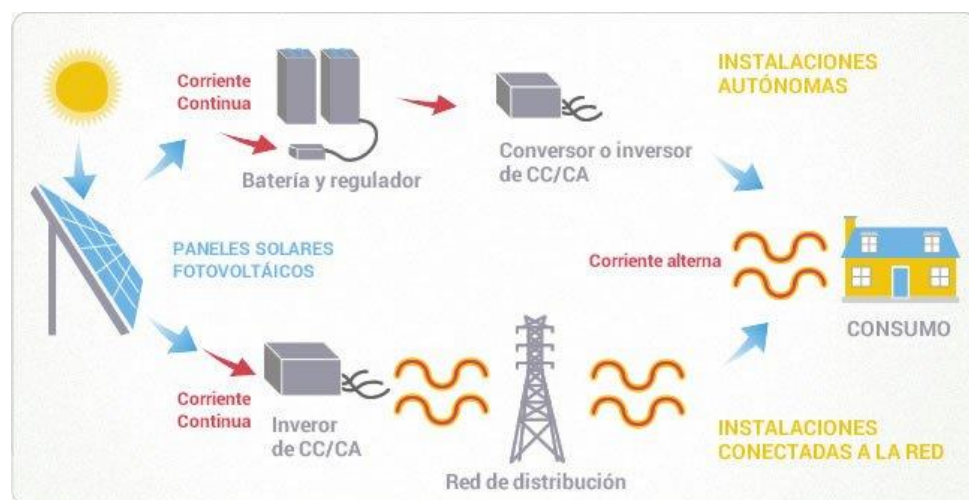
principalmente viviendas o edificaciones que no cuentan con servicio eléctrico de alguna compañía.

- Instalaciones conectadas a la red eléctrica (On Grid) que permiten reducir el consumo de energía eléctrica convencional, satisfaciendo la demanda por medio del sistema fotovoltaico, y si es posible, entregar a la red parte de la energía generada que no es ocupada en el lugar de la instalación y en base a lo establecido por la Ley 20.571. Este tipo de instalaciones suele ser implementada tanto en viviendas habitacionales, locales comerciales e industrias.

1.3.1. Funcionamiento del sistema fotovoltaico

Gracias a la incidencia de la luz solar, las células de los paneles fotovoltaicos generan corriente continua, que interconectados conforman el generador solar. Producida la corriente por el generador, es conducida hacia el regulador y luego al inversor, estando conectado el sistema a la red, el inversor transforma la corriente continua en corriente alterna y suministra a la red eléctrica. Por el contrario, en los sistemas autónomos se consume la energía según la necesidad o bien se almacena temporalmente en baterías.

Cabe mencionar que el tamaño de los paneles fotovoltaicos no es incidente en el voltaje de salida, frente a cambios en la radiación solar tienden a mantener una tensión constante (voltaje). A diferencia, la corriente eléctrica si se verá influida por cambios de radiación solar y por el tamaño del panel.



Fuente: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/13683/TFM-Sergio%20Santa%20Garcia.pdf?sequence=1>

Figura 1-1. Sistemas de generación fotovoltaica.

1.3.2. Instalaciones aisladas de la red eléctrica (Off Grid)

Estas instalaciones permiten generar el total de energía que se va a utilizar, según requerimiento del interesado, por ejemplo: antenas de comunicación, iluminación de áreas aisladas, viviendas y sitios rurales, entre otras.

Esta alternativa va acompañada de la instalación de los módulos fotovoltaicos, un inversor de corriente, regulador de voltaje, baterías de almacenamiento y la estructura de montaje.

1.3.3. Instalaciones conectadas a la red eléctrica (On Grid)

Esta instalación se encuentra conectada a la red eléctrica de forma permanente, de manera que cuando exista radiación solar el sistema fotovoltaico pueda recibir la energía, mientras que en periodos de radiación limitada o nula, sea la red eléctrica quien entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda. Cuando la energía entregada por dicho sistema de generación fotovoltaica sea superior a la demanda, la red eléctrica recibirá el excedente de energía no utilizado de acuerdo a la Ley 20.571. También existe la posibilidad de almacenar el excedente de energía en baterías, para luego ser utilizada por el usuario en tiempos de baja o nula radiación solar.

Para poner en funcionamiento una instalación fotovoltaica de este tipo, es necesario contar con un punto de acceso a la red eléctrica, que permite entregar la energía generada, este punto de acceso es asignado por la compañía eléctrica del sector donde se realice la instalación. Los sistemas fotovoltaicos tienen tres componentes principales; los módulos fotovoltaicos, el inversor y la estructura de montaje.

1.4. EQUIPOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

1.4.1. Paneles fotovoltaicos

El panel o módulo fotovoltaico es el componente encargado de transformar la energía recibida del sol, en energía eléctrica de corriente continua. La tecnología más usada en la construcción de estos componentes solares es el silicio cristalino por ser eficiente tecnológicamente, entregando seguridad y calidad. Todas las células del módulo están unidas entre sí, con el objeto de sumar su potencia y alcanzar en conjunto la potencia nominal del módulo, estos paneles fotovoltaicos producen corriente continua,

a una tensión nominal de 12 [V]. Estos equipos sufren una pequeña degradación en el tiempo de aproximadamente 0,7 % al año.

Las celdas fotovoltaicas dependiendo del material y tecnología utilizada en su fabricación, tendrán una eficiencia de conversión característica, esto corresponde al porcentaje de radiación solar incidente que se transforma en energía eléctrica, la mayoría de los paneles tienen una eficiencia nominal de entre 15 a 20 % y su vida útil estimada es de 25 años. La eficiencia nominal que tiene la celda fotovoltaica es determinada en condición estándar con radiación incidente de 1.000 [W/m²] y temperatura ambiente de 25 °C (valor que permite comparar distintas tecnologías bajo las mismas condiciones), esta puede ser encontrada en la ficha técnica de los paneles fotovoltaico.

Existen paneles fotovoltaicos del tipo monocristalino o policristalino, estos por lo general son instalados sobre estructuras metálicas inclinadas o adosados directamente sobre el techo con orientación hacia el norte. Un módulo fotovoltaico típico produce 250 [Wp] y tiene un tamaño de 1,64 × 1 [m] con un espesor de 4 [cm], pesando aproximadamente 19 [kg].



Fuente: <http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/modulo-fotovoltaico-monocristalino-solarworld-290w/>

Figura 1-2. Panel fotovoltaico.

1.4.2. Regulador

La función del regulador es controlar el ciclo de carga y descarga del banco de baterías de ciclo profundo, protegerlas en caso de una descarga excesiva o sobrecarga. Una sobrecarga reduce la vida útil de la batería y además genera riesgo de explosión o incendio de esta. Para evitar estos casos, el regulador cierra en forma automática el flujo

de corriente eléctrica desde y hacia la batería con el fin de protegerla. En la medida que las baterías van alcanzando el nivel de carga máxima, el regulador desconecta progresivamente el flujo de corriente que recibe de los paneles hacia las baterías, con esto asegura que el sistema trabaje con la máxima eficiencia.



Fuente: <http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/regulador-de-carga-ep-solar-vs-serie-bn/?portfolioID=13037>

Figura 1-3. Regulador de carga solar.

1.4.3. Baterías

La energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos es almacenada en baterías de ciclo profundo, las cuales en su carga máxima pueden entregar energía eléctrica durante unas 20 horas continuas y llegan a tener una vida útil de 5 años aproximadamente, pasado este tiempo y después de una evaluación técnica hay que proceder al cambio de estas.



Fuente: <http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/baterias-ciclo-profundo-solar/>

Figura 1-4. Batería de ciclo profundo.

1.4.4. Inversor

El inversor cumple la función de transformar la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en una corriente alterna, siendo esta última la que circula en la red de distribución eléctrica, con una tensión de 220 [V] y 50 [Hz] de frecuencia. Existen los inversores monofásico y trifásico.

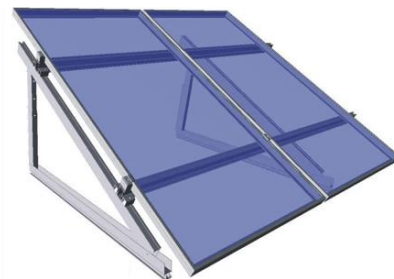


Fuente: <http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/ingeteam-3play-100-tl/?portfolioID=13043>

Figura 1-5. Inversor de corriente.

1.4.5. Estructuras de montaje

La estructura de montaje para paneles fotovoltaicos es un elemento para instalar los módulos con la inclinación y orientación adecuada, consiguiendo un buen rendimiento para la generación eléctrica fotovoltaica. Se suele utilizar estructuras de aluminio, hierro o acero, estas pueden ser paralelas al techo, las cuales se adaptan manteniendo la misma inclinación del tejado, o estructuras con inclinación regulable que suelen ser implementadas en una superficie plana.



Fuente: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/estructuras-para-paneles-solares_1

Figura 1-6. Estructura de montaje para paneles fotovoltaicos.

1.4.6. Cable fotovoltaico

Cables especiales para la conexión de paneles solares fotovoltaicos, especialmente diseñado para estar a la intemperie con resistencia a los factores ambientales.



Fuente: <http://www.aquitosolar.cl/cables-energia-solar/137-CAPVN4TC.html>

Figura 1-7. Cable fotovoltaico top solar.

1.4.7. Medidor bidireccional

El medidor bidireccional permite medir la cantidad de energía que es inyectada a la red. Gracias a este dispositivo se puede contabilizar la energía que se vende de acuerdo a la ley de generación distribuida.



Fuente: <http://www.aquitosolar.cl/medidores-energia-solar/633-EL1501FB.html>

Figura 1-8. Medidor bidireccional monofásico.

1.5. **MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN**

Desde el punto de vista del mantenimiento, se desea maximizar la generación de energía, evitando tiempos de inactividad, disminuir fallas y aumentar la vida útil de los equipos. Un mantenimiento regular es tarea indispensable para el sistema fotovoltaico.

El mantenimiento que se debe realizar va a depender del contexto operacional del sistema, es decir, de las condiciones ambientales del lugar en donde están instalados los equipos.

Generalmente para los sistemas fotovoltaicos se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Se debe tener la precaución de que el cableado este en perfectas condiciones y con un orden apropiado.
- Los paneles siempre deben tener la superficie limpia y libre de sombras u obstáculos que impidan la recepción de luz solar.
- En el caso de las baterías estas deben ser inspeccionadas una vez al año para controlar nivel de líquido en caso sea de plomo ácido no sellada, también hay que verificar que los bornes de conexión no estén sulfatados. Estas baterías deben ser instaladas en lugares sombreados.

1.6. **FACTORES A CONSIDERAR PARA LA INSTALACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS**

1.6.1. **Incidencia en la orientación e inclinación**

Estos paneles optimizan su trabajo cuando su orientación es directa al sol, debe estar situado perpendicularmente hacia los rayos solares. Para aprovechar al máximo la radiación sobre los módulos fotovoltaico se debe considerar el azimut, este corresponde al ángulo respecto del norte en que está rotado el panel, este ángulo se mide desde el norte hacia el este, es decir; cuando el panel mira hacia el norte su azimut equivale a 0°, este 90°, sur 180° y oeste 270°. La razón principal, es que la tierra gira de tal forma, que el sol siempre se encuentra en la franja llamada zona intertropical, en el caso de Chile se da en gran parte del norte, esto de acuerdo a la información otorgada por el Ministerio de Energía.

La inclinación corresponde al ángulo de elevación que tiene el panel respecto de un plano horizontal, el ángulo de inclinación sugerido es igual a la latitud donde se ubicara el arreglo fotovoltaico, así se maximiza la generación de energía recibida en el año.

1.6.2. Incidencia de la luz solar

Para generar el flujo de corriente en los módulos fotovoltaico, es deseable que la radiación que incide sobre el panel, sea una óptima cantidad de energía radiante. Esto debido a que la radiación incidente tiene distintas longitudes de onda, se debe considerar ciertas pérdidas, ya sea por poca o demasiada energía y los factores ambientales que afectan en la generación. La corriente es directamente proporcional a la radiación incidente aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante produce que la corriente generada también sea baja.

Cabe señalar la importancia del lugar geográfico en donde se ubica la instalación, preferentemente en zonas donde existe una alta radiación solar durante gran parte del año.



Fuente: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/133-numero-1755/268-paneles-solares-generadores-de-energia-electrica.html>

Figura 1-9. Incidencia de la radiación en un panel fotovoltaico.

1.6.3. Efecto de la temperatura

Este es un parámetro que perjudica directamente la generación de energía en un panel. La eficiencia del módulo y los parámetros que definen la curva de potencia en la cual opera, se puede ver disminuidos o aumentados si la temperatura de la celda fotovoltaica es mayor o menor que la temperatura usada en las pruebas de laboratorio para establecer dichos valores. El aumento de temperatura, provoca que la corriente también aumente, pero el voltaje disminuye considerablemente, provocando la disminución en la potencia entregada por el panel. Por el contrario, si la temperatura disminuye ocurre el proceso al inverso.

1.6.4. Efecto de la sombra

Es importante la estimación de la superficie para instalar un sistema fotovoltaico, descartando toda superficie que tenga sombra temporal o permanente. Las sombras sobre los paneles solares son perjudiciales tanto en el rendimiento de estos, como también genera que los módulos se sobrecalienten, lo que además acorta su vida útil.

Existen dos tipos de sombras como las externas e internas, siendo las externas aquellas que son producidas por elementos no propios de la edificación tales como árboles o edificios cercanos y las internas son generadas por elementos que se encuentran en el techo, siendo los más comunes equipos de enfriamiento, ventilación y muros de la edificación.



Fuente: <http://www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html>

Figura 1-10. Sombra sobre paneles fotovoltaicos.

1.7. **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

1.7.1. **Ventajas**

- Se destaca el menor gasto en las cuentas de electricidad.
- Independencia de la red eléctrica (Off Grid).
- Es un aporte para mitigar los efectos del cambio climático.
- Sistema fotovoltaico es de fácil mantención.
- No afecta la calidad de suelo ni de aire, es una tecnología limpia.
- No tiene contaminación acústica.
- Contribuye al desarrollo sustentable.
- Se aprovecha en zonas donde no llega el tendido eléctrico.
- Dependiendo el tamaño de la instalación, puede ser una fuente de ingreso, por venta de energía.
- Reducción de emisiones contaminantes de CO₂ a la atmósfera.
- Tiene una vida útil de 25 años aproximados.
- Es resistente al agua.
- Integración con la conexión a la red eléctrica.

1.7.2. **Desventajas**

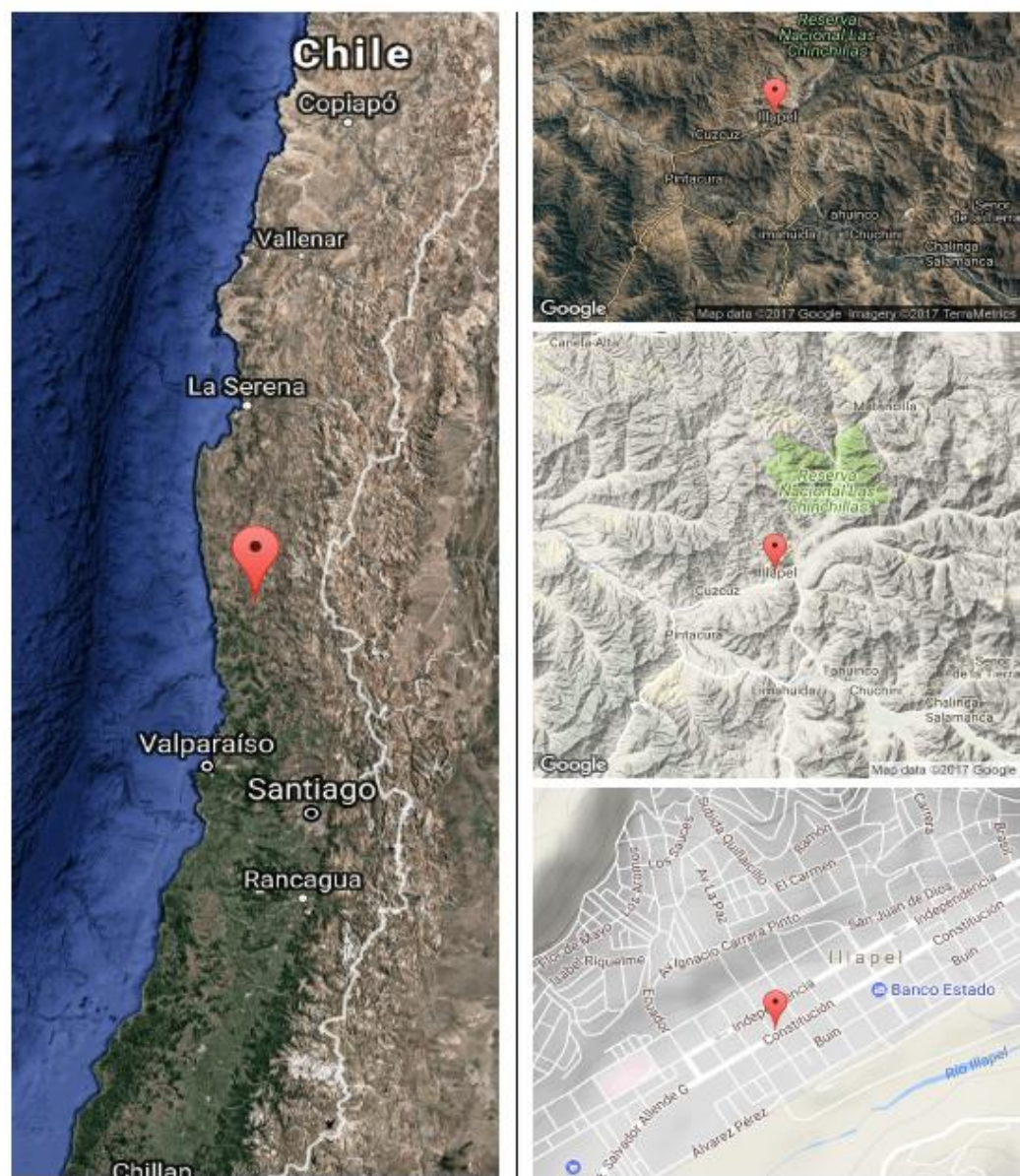
- Dependencia climática y zona geográfica, por efecto de la radiación solar.
- Están en riesgo por el entorno que rodea la instalación (sombra de árboles u otras edificaciones que puedan afectar en la incidencia de la luz solar en el panel).
- Elevado costo de equipos e instalación.

1.8. **CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y DATOS METEREOLÓGICOS**

Para el desarrollo de un proyecto con paneles solares se debe estimar la cantidad de energía que genera una planta fotovoltaica a partir del nivel de radiación en conjunto con otros factores ambientales y de diseño que existen en el lugar en donde sea montada la instalación. Para ello se considera investigar sobre la información del recurso solar y factores ambientales que inciden en un arreglo fotovoltaico ubicado en un punto determinado. A través de la plataforma “Explorador Solar” del Ministerio de Energía se

obtiene un acercamiento de cuanta energía genera una planta solar, el programa utiliza un modelo para la transferencia de radiación según condiciones climáticas, para cielos despejados es el modelo CLIRAD-SW, este utiliza datos de temperatura y humedad. Para el caso de la nubosidad se utiliza la información que proviene de los satélites GOES-EAST, para los años comprendidos entre el 2004 al 2016.

1.8.1. Características topográficas del lugar donde se emplaza la cafetería



Fuente:

<https://www.google.cl/maps/place/Constituci%C3%B3n,+Illapel,+Regi%C3%B3n+de+Coquimbo/@-31.6330207,-71.1680353,18z/data=!4m5!3m4!1s0x968f2aea77c3543d:0x49a068fba97b7be2!8m2!3d-31.6314061!4d-71.1648971>

Figura 1-11. Mapa de la ubicación seleccionada.

Tabla 1-1. Ubicación geográfica del lugar seleccionado.

Nombre	Sitio
Latitud	31,6332 °S
Longitud	71,1685 °O
Elevación	312 [m]

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

1.8.2. Radiación

Las tablas y gráficos a continuación exponen los promedios de radiación global, directa y difusa incidente sobre el plano horizontal y sobre un plano orientado hacia el norte, con una inclinación igual a la latitud del lugar. Esta información es otorgada por el Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica del programa “Explorador Solar” del Ministerio de Energía.

En las tablas indicadas más adelante, se establecen tres conceptos: la radiación directa que es la suma de los rayos solares que se alcanza en la superficie, la radiación difusa son los rayos solares que son dispersados por la atmósfera, proviniendo de distintas partes del cielo, el tercer concepto se denomina radiación global que es la suma de estas dos componentes.

Adicionalmente, se determinan resultados para: la radiación normal incidente que es la recibida en una superficie perpendicular a los rayos provenientes del Sol, para este caso la superficie receptora debe estar en movimiento de este a oeste siguiendo la posición del Sol. La radiación horizontal se denomina para aquella superficie que se encuentra perpendicular al radio de la tierra. Generalmente, se determina un ángulo de inclinación para la superficie receptora de acuerdo a la zona geográfica, recolectando la energía solar en una superficie fija, de tal modo que se optimice la cantidad de radiación recibida durante el año, a esto se le llama radiación incidente en un plano inclinado.

1.8.2.1. Ciclo mensual de radiación

Tabla 1-2. Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de [kWh/m²/día].
Radiación incidente en el plano horizontal.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	7,5	6,77	5,59	3,92	2,64	2,12	2,34	3,02	4,26	5,54	6,87	7,64
Difusa	1,07	0,99	0,85	0,8	0,75	0,65	0,7	0,84	1,01	1,17	1,14	1,1
Global	8,57	7,76	6,44	4,72	3,39	2,77	3,04	3,86	5,27	6,71	8,01	8,74

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 1-3. Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de [kWh/m²/día].
Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del lugar.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	6,5	6,59	6,4	5,36	4,27	3,65	3,9	4,38	5,18	5,69	6,19	6,44
Difusa	0,98	0,92	0,79	0,74	0,7	0,6	0,64	0,78	0,93	1,08	1,06	1,01
Suelo	0,16	0,14	0,12	0,09	0,06	0,05	0,06	0,07	0,1	0,12	0,15	0,16
Global	7,64	7,65	7,31	6,19	5,03	4,3	4,6	5,23	6,21	6,89	7,4	7,61

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

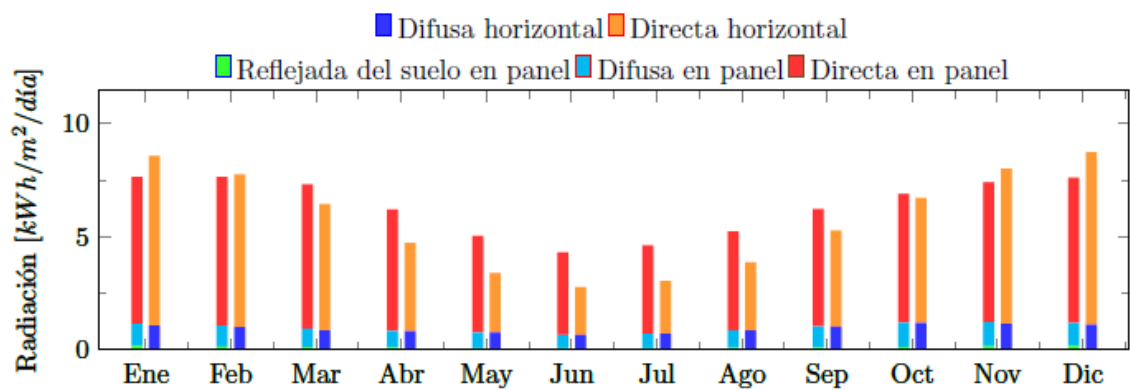


Gráfico 1-1. Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y un plano inclinado, separada en sus componentes, reflejada, difusa y directa.

Para la implementar un arreglo fotovoltaico, es de interés los datos obtenidos sobre la radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del lugar, con esto se consigue el máximo aprovechamiento de la luz solar sobre los paneles

fotovoltaicos para la generación eléctrica, tanto en meses de alta y baja radiación durante el año.

1.8.2.2. Ciclo diario de radiación

Tabla 1-4. Promedio horario de la radiación incidente en unidades de [W/m²]. Radiación incidente en el plano horizontal.

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Directa	0	0	0	0	0	0	0	38,6	132,1	288,4	451,6	579,3
Difusa	0	0	0	0	0	0	3,6	22,4	54	79,7	92	100,7
Global	0	0	0	0	0	0	3,6	61,1	186,1	368,1	543,6	680

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Directa	663,8	688,1	650,7	554,8	422,6	252,5	100,1	17,5	0	0	0	0
Difusa	103,2	102,9	98	89	77,7	58,5	31,1	10,2	0	0	0	0
Global	767	791	748,7	643,8	500,4	311	131,1	27,7	0	0	0	0

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 1-5. Promedio horario de la radiación incidente en unidades de [W/m²]. Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del lugar.

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Directa	0	0	0	0	0	0	0	13,32	133,3	323,3	509,2	659,2
Difusa	0	0	0	0	0	0	3,34	20,73	50	73,62	85	93
Suelo	0	0	0	0	0	0	0,07	1,11	3,39	6,71	10	12,4
Global	0	0	0	0	0	0	3,41	35,16	186,6	403,6	604,1	764,6

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Directa	760,2	789,2	745,1	630,8	477,6	264,5	64,95	0	0	0	0	0
Difusa	95,4	95,06	90,57	82,23	71,82	54,08	28,72	9,39	0	0	0	0
Suelo	13,99	14,42	13,65	11,74	9,12	5,67	2,39	0,5	0	0	0	0
Global	869,5	898,6	849,3	724,8	558,6	324,21	96,06	9,89	0	0	0	0

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

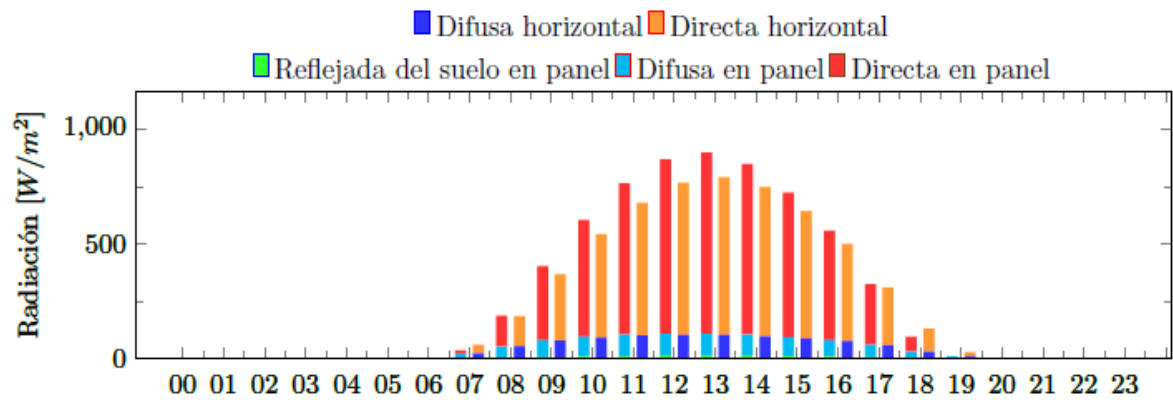


Gráfico 1-2. Promedio horario de la radiación global instantánea incidente en un plano horizontal y un plano inclinado, separada en sus componentes reflejada, difusa y directa.

1.8.2.3. Ciclo anual de radiación

Tabla 1-6. Promedio anual de la insolación diaria en unidades de [kWh/m²/día].
Radiación incidente en el plano horizontal.

	200	200	200	200	200	200	201	201	201	201	201	201	201
Año	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6
Direct													
a	4,89	4,78	4,85	4,87	4,88	4,9	5,07	4,94	4,87	4,87	4,79	4,66	4,54
Difusa	0,91	0,93	0,92	0,9	0,9	0,91	0,89	0,9	0,91	0,91	0,93	1	0,99
Global	5,8	5,71	5,77	5,77	5,78	5,81	5,96	5,84	5,78	5,78	5,72	5,66	5,53

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 1-7. Promedio anual de la insolación diaria en unidades de [kWh/m²/día].
Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Directa	5,43	5,25	5,32	5,39	5,38	5,42	5,71	5,54	5,4	5,46	5,3	5,18	5,03
Difusa	0,84	0,86	0,85	0,84	0,83	0,84	0,82	0,83	0,84	0,84	0,86	0,92	0,91
Suelo	0,11	0,1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1
Global	6,38	6,21	6,28	6,34	6,32	6,37	6,64	6,48	6,35	6,41	6,26	6,2	6,04

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

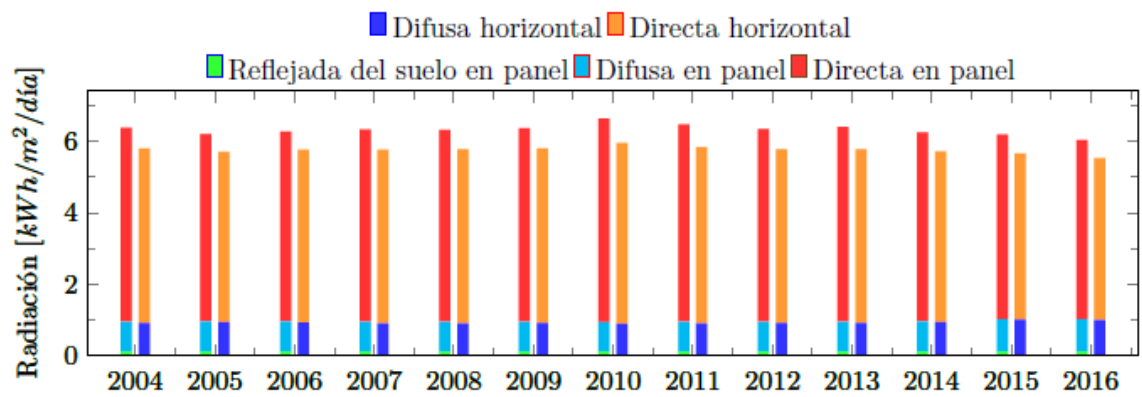


Gráfico 1-3. Promedio anual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y un plano inclinado para cada año de simulación.

1.8.3. Nubosidad

La nubosidad es un factor atmosférico que remueve gran cantidad de radiación incidente sobre una instalación fotovoltaica. A partir de imágenes satelitales geoestacionarias (satélite que está en rotación sincrónica alrededor de la tierra), se calcula la frecuencia de nubosidad para cada hora y mes, el dato esta posible solo para horas diurnas.

Tabla 1-8. Frecuencia de nubosidad diurna. Porcentaje del mes con nubosidad diurna.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	5,11	5,1	4,48	7,41	9,48	9,19	10,2	11,9	10,5	10,6	8,8	6,3

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 1-9. Frecuencia de la nubosidad diurna. Porcentaje de la hora con nubosidad. Los ceros corresponden a horas donde no hay datos de nubosidad.

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
%	0	0	0	0	0	0	0.32	10,5	17,9	26,9	24	21,5

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	18,8	17,4	16,5	16,4	13,9	9,8	4,5	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

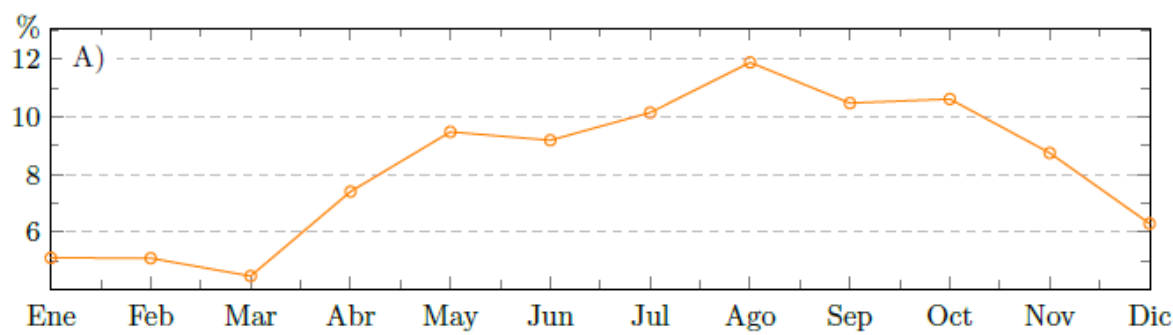


Gráfico 1-4. Ciclo anual de frecuencia de nubosidad diurna.

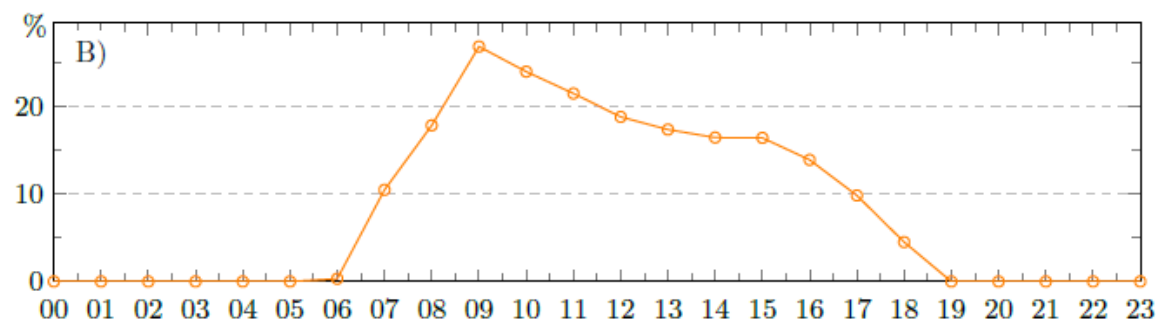


Gráfico 1-5. Ciclo diario de frecuencia de nubosidad.

Tabla 1-10 Variación anual del porcentaje de nubosidad.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
%	8,32	9,2	8,39	8,23	8,28	7,26	5,68	6,63	7,78	8,47	9,28	9,89	10,04

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

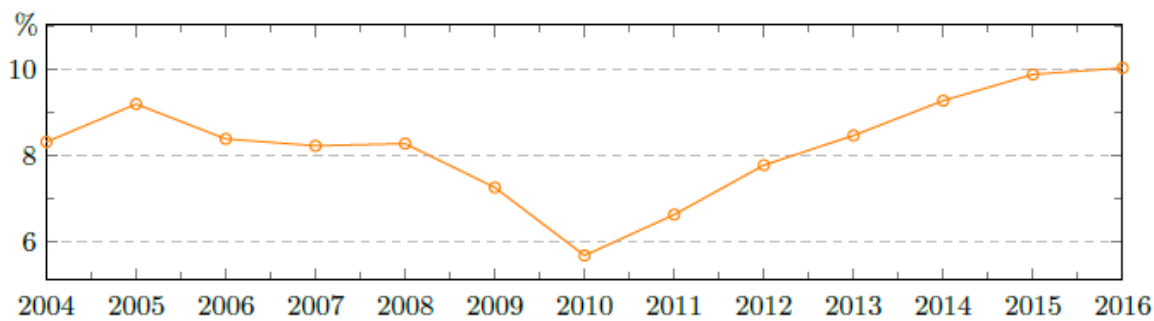


Gráfico1-6. Variación anual del porcentaje de nubosidad.

1.8.4. Temperatura

La temperatura ambiental afecta la eficiencia de las celdas fotovoltaicas. Las estimaciones que se muestran están basadas en el explorador eólico, resultados obtenidos por el programa “Explorador Solar” del Ministerio de Energía.

Tabla 1-11. Temperatura promedio mensual.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	19,22	19,14	18,38	16,36	14,92	13,7	12,22	12,27	13,4	14,66	16,69	17,62

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 1-12. Temperatura promedio para cada hora.

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
°C	12,4	11,81	11,2	10,75	10,3	9,88	9,56	10,59	12,25	14,6	17,24	20
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
°C	21,59	22,8	23,65	23,04	22,1	20,89	18,63	16,94	15,51	14,35	13,52	13,07

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

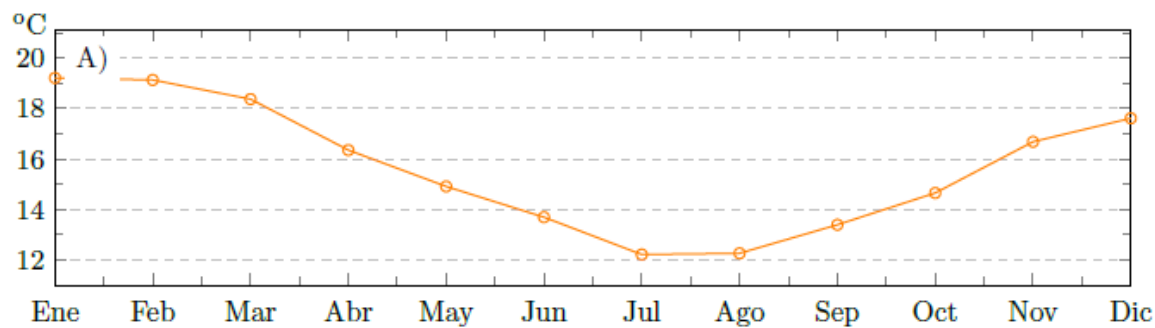


Gráfico 1-7. Ciclo diario de la temperatura media.

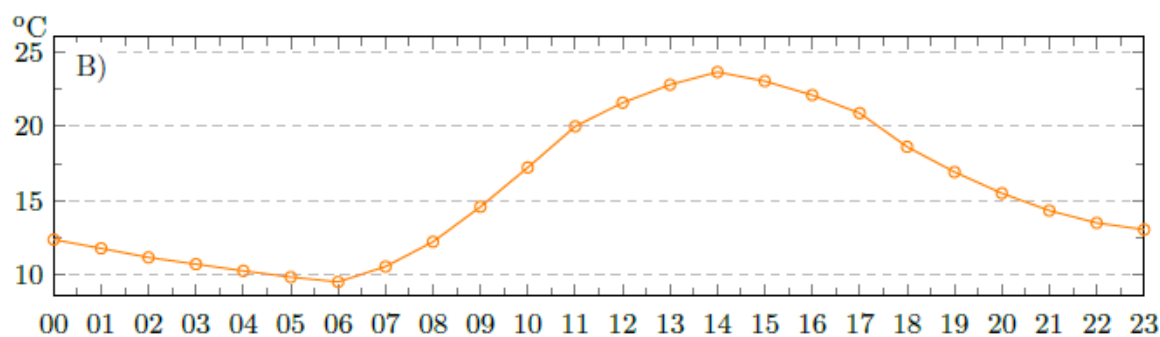


Gráfico 1-8. Ciclo anual de temperatura media.

1.8.5. Viento

La velocidad del viento interviene en el enfriamiento de las celdas fotovoltaicas, y por lo tanto su eficiencia, además puede afectar la integridad del montaje de los paneles. Las estimaciones que se muestran están basadas en el explorador eólico para una altura de 5,5 [m].

Tabla 1-13. Velocidad del viento a 5,5 [m]. Promedio mensual de la velocidad del viento.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
m/s	1,89	1,91	1,75	1,66	1,15	1,13	1,21	1,37	1,57	1,72	1,95	2,02

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 1-14. Velocidad del viento a 5,5 [m]. Promedio de la velocidad del viento para cada hora.

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
m/s	0,74	0,73	0,73	0,71	0,71	0,72	0,79	0,74	0,86	1,14	1,6	2,22
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
m/s	2,99	3,48	3,78	3,79	3,56	3,13	2,16	1,33	0,84	0,64	0,61	0,63

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

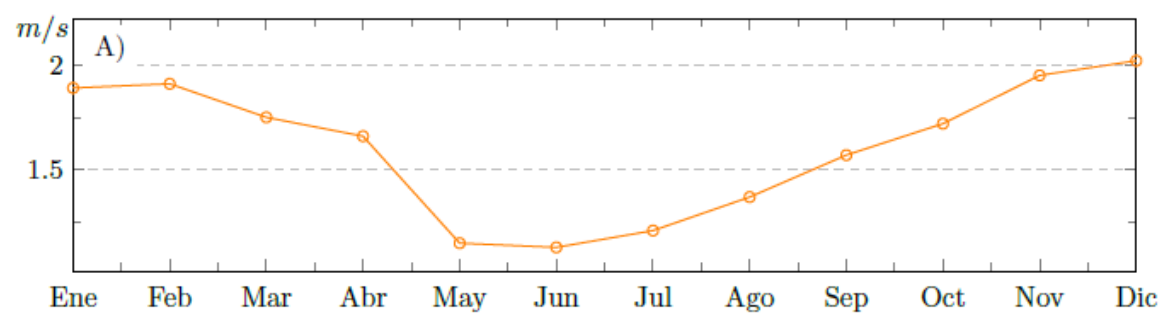


Gráfico 1-9. Ciclo diario de la velocidad del viento.

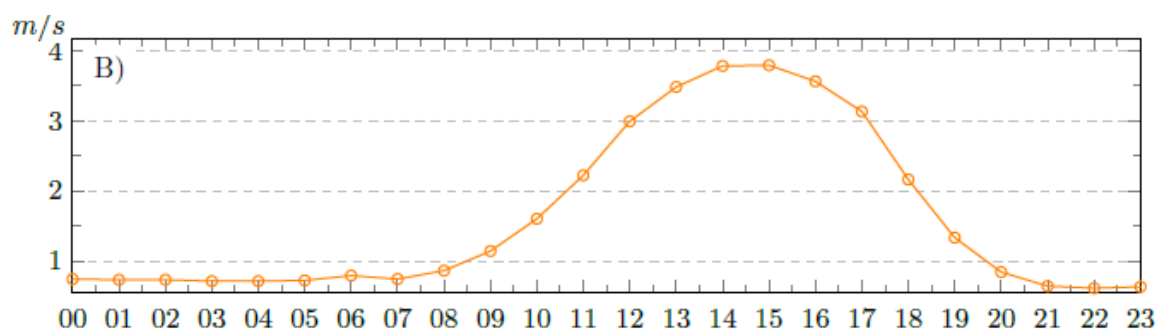


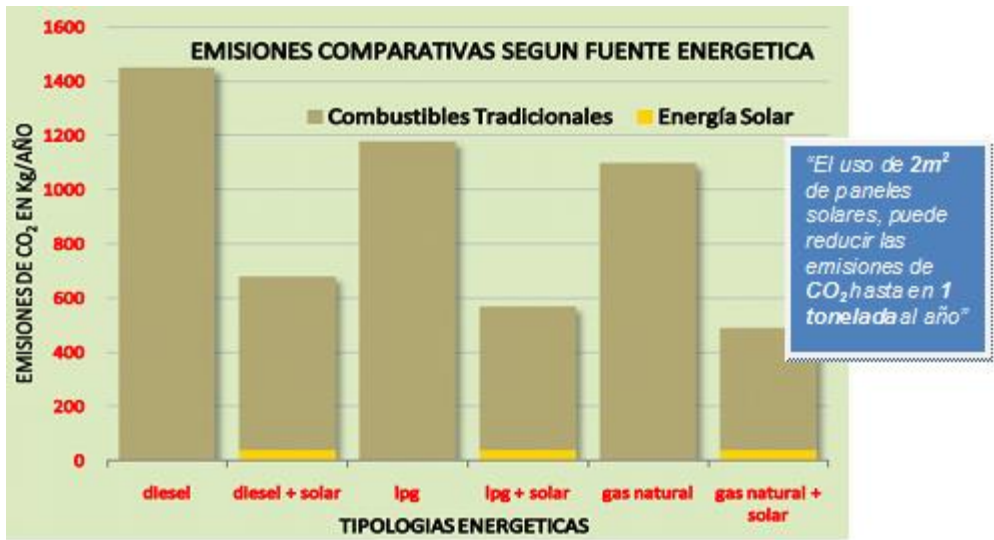
Gráfico 1-10. Ciclo anual de la velocidad del viento.

1.9. IMPACTO AMBIENTAL DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA SOLAR

Escoger la energía solar como método para la generación eléctrica, es también optar por el cuidado del medio ambiente.

En el gráfico a continuación se muestra una comparativa de fuentes energéticas con respecto al impacto medio ambiental de emisiones de dióxido de carbono (CO₂),

generadas al producir la energía necesaria para cubrir una demanda de 3,500 [kW/hr], en base a distintos combustibles.



Fuente: <http://www.mihuella.cl/2010/08/27/energia-solar/>

Gráfico 1-11. Comparativa de emisiones de CO₂ según distintas fuentes energéticas.

Cabe señalar que un sistema solar produce aproximadamente 40 [kg/año] de CO₂, considerando el consumo eléctrico de sus diversos artefactos.

En el gráfico se puede visualizar el bajo impacto ambiental de la energía solar y de los sistemas que utilizan combustibles fósiles, en donde disminuyen las emisiones de CO₂ a menos del 50 %. Un sistema de energía solar se considera un factor medio ambiental beneficioso para disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

CAPÍTULO 2: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN
ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA

1. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA

En este capítulo, se analizará los aspectos técnicos que conllevan al funcionamiento e instalación del proyecto.

2.1. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El perfil de carga es un factor de importancia para determinar la viabilidad del proyecto, con estos resultados se puede tener una estimación del consumo eléctrico actual del negocio y por ende permite tener un cálculo para la instalación del sistema fotovoltaico. Este dato se obtiene con el gasto eléctrico en potencia [Watt], estableciendo el consumo diario, mensual y anual que existe, además del costo asociado de acuerdo al tiempo en que están energizados los artefactos.

La capacidad instalada es el potencial eléctrico que el o los equipos pueden lograr durante un periodo de tiempo determinado (capacidad que viene indicada en la placa de la máquina en [kW]). Para el caso de un arreglo fotovoltaico, la capacidad instalada corresponde a la potencia que generarían los paneles en condiciones estándar, es decir, con una radiación incidente de 1.000 [W/m²] y la celda a una temperatura de 25 °C.

En la Tabla 2-1, detallada en la página siguiente, se refleja el consumo eléctrico basado en la cantidad de horas que el negocio está abierto, todos los días del año en horario de 9 a 22 horas. En relación a lo anterior, se realiza un cálculo de las horas promedio en que los artefactos están energizados, obteniendo resultados de consumo eléctrico en potencia/tiempo y pesos chileno.

Con el sistema de generación fotovoltaica se busca cubrir un cierto porcentaje del consumo eléctrico actual de la cafetería, esto por medio de una instalación conectada a la red eléctrica (On Grid) y bajo la Ley 20.571 de generación distribuida.

Además, mediante el programa del Ministerio de Energía “Explorador Solar” ya se tiene los resultados favorables sobre la radiación y factores ambientales que inciden en la ciudad de Illapel de la IV Región de Chile, datos relevantes para el estudio de factibilidad sobre la instalación de un arreglo fotovoltaico.

Tabla 2-1. Detalle del consumo eléctrico de los artefactos del negocio y emisiones de CO2.

Artefacto	Cantidad	Consumo [W]	Hora [hr]	[kWhr/día]/costo	[kWhr/mes]/costo	[kWhr/año]/costo
Molino de café grano	1	350	6	2,1 / \$199	63 / \$5.973	766,5 / \$72.670
Termo SM Brand	1	1500	2	3 / \$284	90 / \$8.533	1095 / \$103.815
Termo eléctrico Trotter	1	1500	6	9 / \$853	270 / \$25.598	3285 / \$311.444
Vitrina refrigerada Ventus	1	180	6	1,08 / \$102	32,4 / \$3.072	394,2 / \$37.373
Vitrina refrigerada Showcase	1	160	6	0,96 / \$91	28,8 / \$2.730	350,4 / \$33.221
Refrigerador horizontal	1	370	10	3,7 / \$351	111 / \$10.524	1350,5 / \$128.038
Computador PosBank	1	160	13	2,08 / \$197	62,4 / \$5.916	759,2 / \$71.978
Computador HP	1	150	13	1,95 / \$185	58,5 / \$5.546	711,8 / \$67.480
Visicooler Mimet	1	250	12	3 / \$284	90 / \$8.533	1095 / \$103.815
Visicooler vertical Mimet	1	350	12	4,2 / \$398	126 / \$11.946	1533 / \$145.341
Iluminación	1	360	13	4,68 / \$444	140,4 / \$13.311	1708,2 / \$161.951
Parlante	1	500	12	6 / \$569	180 / \$17.065	2190 / \$207.630
Televisor AOC	1	120	13	1,56 / \$148	46,8 / \$4.437	569,4 / \$53.984
Horno eléctrico Trotter	1	2380	1	2,38 / \$226	71,4 / \$6.769	868,7 / \$82.360
Extractor de aire	1	110	6	0,66 / \$63	19,8 / \$1.877	240,9 / \$22.839
Máquina helados Taylor	1	2800	7	19,6 / \$1.858	588 / \$55.747	7154 / \$678.256
Total				65,95 [kWh/día] / \$6.253	1.978,5 [kWh/mes] / \$187.578	24.071,8 [kWh/año] / \$2.282.194

Emisiones de CO ₂	Día	Mes	Año
Total	42,9 [kg]	1.286,4 [kg]	15.646,8 [kg]

Fuente: Elaboración propia en Excel con datos obtenidos.

Tabla 2-2. Detalle del consumo eléctrico del negocio durante los meses del año 2016.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
kWhr/mes	1.974,3	1.979,4	1.956,3	1.955,4	1.957,8	1.973,4
Costo	\$ 187.191	\$ 187.675	\$ 185.485	\$ 185.399	\$ 185.627	\$ 187.106
Mes	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWhr/mes	1.976,1	1.978,2	1.971,6	1.965,9	1.961,4	1.973,7
Costo	\$ 187.362	\$ 187.561	\$ 186.935	\$ 186.395	\$ 185.968	\$ 187.134

	Año 2016
kWhr/año	23.623,5
Costo	\$ 2.239.838

Fuente: Elaboración propia en Excel con datos obtenidos.

2.1.1. Simulador de generación fotovoltaica

Las características del arreglo solar ingresadas en el programa “Explorador Solar” para la simulación de la generación fotovoltaica es de 3 [kW], con estos resultados se puede evaluar el escenario que se estima conveniente para ser implementado en el negocio.

Tabla 2-3. Características del sistema fotovoltaico

Configuración	Fijo inclinado
Montaje	Open rack cell glassback
Inclinación	28°
Azimut	-2°
Coef. Temperatura	-0,45 %/°C
Ef. Inversor	96 %
Pérdidas	14 %

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 2-4. Resultados de la generación fotovoltaica.

Capacidad instalada	3 [kW]
Total diario	14 [kWhr]
Total anual	5,15 [MWhr]
Factor de planta	20 %

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 2-5. Promedio de la generación total en cada mes.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWhr	531,5	475,7	495,3	406,3	342,5	284,8	318,5	360,6	415,2	482,3	501,4	535,2

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Tabla 2-6. Promedio de la generación para cada hora del día.

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
kWhr	0	0	0	0	0	0	0,01	0,06	0,34	0,86	1,32	1,66
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWhr	1,89	1,97	1,89	1,68	1,35	0,81	0,25	0,02	0	0	0	0

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

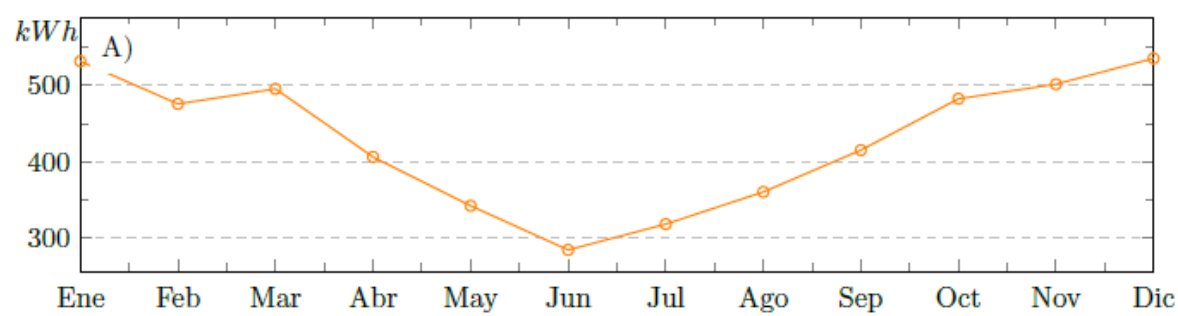


Gráfico 2-1. Ciclo anual de generación.

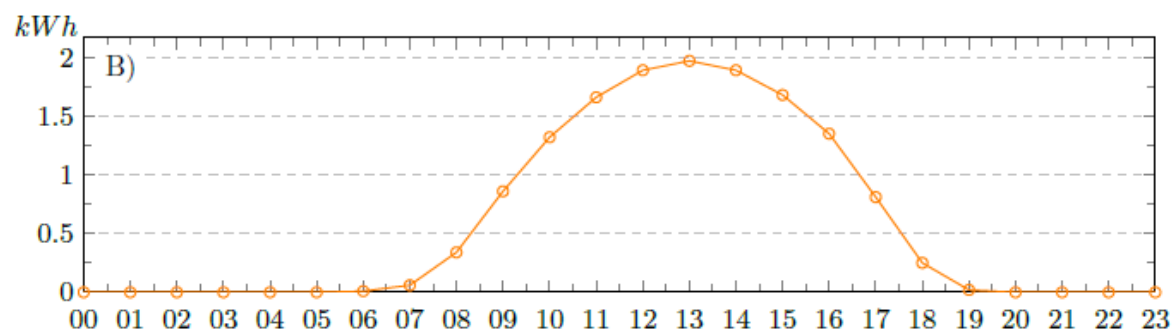


Gráfico 2-2. Ciclo diario de generación.

Tabla 2-7. Total anual de la generación para cada año en la base de datos del Ministerio de Energía.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
MWhr	5,18	5,07	5,11	5,17	5,15	5,17	5,39	5,27	5,16	5,21	5,1	5,05	4,91

Fuente: Elaboración en Excel con datos obtenidos del Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

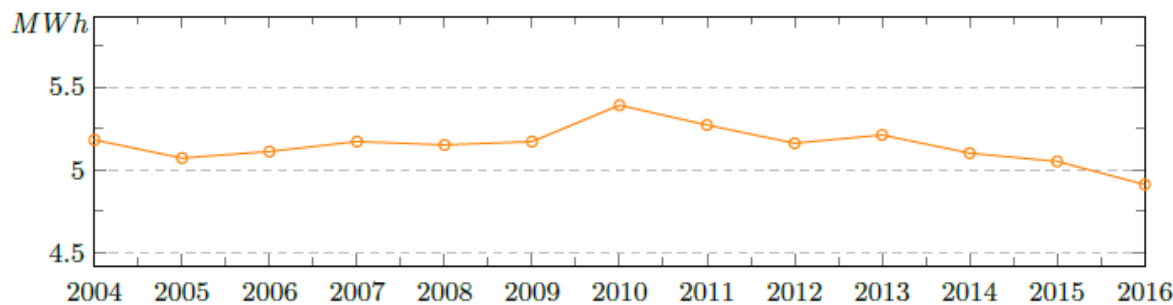


Gráfico 2-3. Variación anual de la generación fotovoltaica.

2.2. PROPUESTA PARA LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

El escenario que se presenta para implementar este sistema en el negocio, es una instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica (On Grid), en donde la energía producida por los paneles se inyecta durante las horas de radiación solar o generación fotovoltaica diurna y en caso de existir requerimiento adicional, se provee por medio de la red eléctrica. Esta determinación es importante considerando el consumo eléctrico del

negocio y en que no puede existir un corte o falencia de suministro eléctrico debido a que se trabaja con implementos de cafetería y gelatería, en un horario establecido para atención de público.

Para el sistema de suministro eléctrico basado en la transformación fotovoltaica que se desea implementar, son necesarios los equipos para, producir y transformar la energía eléctrica.

Los componentes principales que se utilizan son: los paneles fotovoltaicos, un inversor y la estructura de montaje. Además, se debe contemplar la instalación de, cables para la conexión, un medidor, un tablero eléctrico y un aparato de protección para evitar un cortocircuito en el sistema, provisto de un dispositivo que corte el paso de corriente.

Para dimensionar una instalación fotovoltaica, se utiliza como unidad de medida el “kilo Watt peak” [kWp], lo que equivale a 1.000 [Wp]. La potencia puede ser representada, a modo de ejemplo, por 4 paneles fotovoltaicos de 250 [Wp] (4 paneles × 250 [Wp] = 1.000 [Wp] = 1 [kWp]).

A continuación, en la Tabla 2-8 se realiza una propuesta preliminar con los implementos que se requieren para instalar un kit fotovoltaico en el local comercial, teniendo una idea del escenario que presenta este proyecto.

Tabla 2-8. Propuesta preliminar, antecedentes técnicos.

Tabla resumen - Antecedentes técnicos	
Potencia instalada	3 [kW]
Tipo de instalación	Solar fotovoltaica On-Grid
Lugar de instalación	Techo plano, inclinación y orientación hacia el norte
Superficie de la techumbre	42,4 [m²] en total
Componentes utilizados	Paneles fotovoltaicos
	1 Inversor monofásico
	Estructuras de montaje
	1 Medidor electrónico monofásico

Fuente: Elaboración propia en Excel.

2.2.1. Consideraciones para la instalación

Las variables que se consideran para realizar una adecuada instalación fotovoltaica son las siguientes:

- Demanda energética del establecimiento.
- Superficie donde será instalado el sistema fotovoltaico.
- Integración del sistema fotovoltaico a la conexión eléctrica existente y/o baterías.
- Ficha técnica de los componentes del sistema fotovoltaico (paneles fotovoltaicos e inversores).
- Inversor monofásico o trifásico, conexión y potencia máxima admitida por el equipo.
- Elemento de protección del inversor, aislación galvánica (separa las etapas de corriente continua y la alterna en caso de falla) y protección anti-isla (evita la inyección a la red cuando falla).
- Estimar costos de la instalación, incluyendo los implementos (paneles fotovoltaicos, inversor, cables, sistema de soportes e instalación).
- Lo que puede compensar el autoconsumo.
- Disponibilidad del recurso solar y factores ambientales.
- Análisis energético, considerando la simulación de generación fotovoltaica día, mes y año para conocer la energía generada, el autoconsumo y el posible excedente.
- Análisis económico, considerando el excedente que se inyecta a la red eléctrica y simular lo que se consume con el sistema fotovoltaico, permitiendo conocer el tiempo de retorno de la inversión a realizar.

Además, al adquirir un sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta, la potencia máxima generada y su eficiencia, resistencia a los factores ambientales (viento, lluvia y temperatura), la procedencia y garantía de la marca, repuestos, soporte técnico local, su vida útil esperada y certificaciones acreditadas de los equipos (IAF, EA, ILAC u otras). Los paneles que se adquieren para el montaje, deben ser todos de la misma marca y modelo, con stock de repuestos. Se debe considerar las precauciones que el sistema eléctrico requiere, respetando las normas que se aplican a este tipo de instalación (Norma Eléctrica NCh 4/2003 de la SEC y otras). También, existe un porcentaje de pérdidas (aproximadamente 0,7 % anual) en un arreglo fotovoltaico debido a distintos factores, considerando; suciedad, sombras del entorno, imperfecciones de fabricación, cableado, conectores, degradación de las celdas por luz incidente, tiempo apagado, diferencias entre valores de laboratorio y la realidad de las especificaciones técnicas.

Para lograr una mayor eficiencia o potencia máxima generada de un arreglo fotovoltaico, se debe tener en cuenta el tipo de panel y su instalación, orientación e

inclinación (aislado de elementos que produzcan sombra). Las celdas policristalina y monocristalina son las más eficientes.

Algunos aspectos para seleccionar el módulo fotovoltaico adecuado son los siguientes:

- Calidad y durabilidad del producto.
- Disponibilidad, servicio y soporte técnico.
- El prestigio de la marca.
- Rendimiento técnico del producto (seguridad, producción y calidad).
- Innovación y desarrollo del producto.
- Precio competitivo.

La estructura que soporte la instalación fotovoltaica se debe adaptar adecuadamente a la superficie en donde será montada, debe ser resistente a exigencias mecánicas y a la corrosión, soportar el peso del generador y los factores ambientales de viento y lluvia. Esta estructura debe satisfacer la normativa vigente en Chile en cuanto a edificación y diseño estructural para efectos del viento, nieve y sismos (instrucción técnica RGR N°02/2014). Estructuras comerciales o industriales cuya potencia instalada de la unidad de generación fotovoltaica sea superior a 30 [kW], deberá cumplir adicionalmente con las exigencias de la norma NCh 2369 (Norma Chilena de Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales).

Con respecto a la conexión a la red, la instalación fotovoltaica deberá estar conectada en paralelo con la red eléctrica, de tal forma que al existir implementos que no estén cubiertos por la generación eléctrica fotovoltaica, podrán ser alimentados por la red eléctrica, por ambas simultáneamente u otro medio interno.

El proceso de instalación de los paneles fotovoltaicos consiste:

- Determinar el lugar concreto y las mediciones necesarias para instalar la estructura donde van montado los paneles.
- Tipo de estructura que será utilizada (paralelo o coplanar a la cubierta, inclinación y el tipo de fijaciones).
- Cableado del sistema fotovoltaico (canalización, distancia y separación de la polaridad).
- Ubicación del inversor (debe estar cerca de los módulos FV, así disminuir pérdidas de energía).
- Ubicación del tablero eléctrico.

Para que la instalación se mantenga en buen estado y funcionando correctamente, también se debe tener las siguientes consideraciones:

- Optar por aparatos y/o equipos de consumo eficiente: la incorporación de uno o varios aparatos de consumo de baja eficiencia, puede obligar a ampliar la potencia de la instalación fotovoltaica. Se recomienda optar por aparatos de consumo más eficientes para hacer más pequeña la ampliación de la instalación FV, en caso fuese necesario y por decisión del propietario.
- El consumo debe estar de acuerdo a la capacidad de generación: no sobrecargar la instalación fotovoltaica con un consumo excesivo incorporando nuevos implementos al local.
- No conectar aparatos de potencia superior a la del inversor: para no afectar el funcionamiento del inversor, se debe informar sobre la potencia nominal y la potencia absorbida en el momento de la puesta en marcha del equipo.
- Comprobar los equipos o artefactos en mal estado: los que se encuentran con deterioro pueden provocar daño en el inversor o cortocircuito en el sistema.
- Uso indebido de las baterías (en caso corresponda): se debe evitar la descarga súbita de las baterías (conectando una resistencia eléctrica de elevada potencia) o el contacto entre los dos polos (positivo y negativo) a través de un elemento metálico. Se recomienda mantener las baterías en un lugar destinado, con temperatura ambiente y protegiendo la integridad.

La garantía de la instalación fotovoltaica se encuentra regulada por la Ley 19.496 del Ministerio de Economía, en el Código de Comercio y el Código Civil. Esta indica que el proveedor de los implementos o de la instalación, debe responder por desperfectos que no sean responsabilidad del consumidor dentro de un período de 3 meses. La garantía debe ser otorgada por el fabricante de los equipos e implementos utilizados y/o la empresa proveedora e instaladora.

La instalación eléctrica para un sistema fotovoltaico debe ser regularizada por la Ley 20.571 y la Norma 4/2003 para instalaciones de consumo en baja tensión. La normativa tiene como finalidad la fijación de condiciones mínimas de seguridad de una instalación eléctrica, de manera de proteger a las personas que operan o hacen uso de las instalaciones y preservar el medio en el que han sido ubicadas.

La Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC) es la entidad gubernamental encargada de supervisar el mercado de la energía en el Chile. Se relaciona con las empresas instaladoras, certificando a los técnicos capacitados, autorizando instalaciones y equipos utilizados. El técnico certificado debe contar con

licencia tipo B, al menos para poder construir una planta fotovoltaica cumpliendo la normativa aplicable.

Para calcular el costo de un arreglo fotovoltaico, se ha determinado el consumo diario, mensual y anual promedio o perfil de carga del establecimiento, además de conocer la superficie en donde será instalado para determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos que se requieren y que porcentaje de cobertura estos generan en electricidad para el negocio, lo que permite saber cuál es el ahorro futuro en cuentas de servicio eléctrico.

2.3. MANTENIMIENTO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO

En general los sistemas fotovoltaicos son confiables y seguros, su vida útil puede llegar hasta los 25 años. Sin embargo, con el paso del tiempo, los equipos, principalmente paneles y estructuras están expuestos a la intemperie con cambios de temperatura, tormentas, lluvia, radiación ultravioleta, entre otros. Por lo tanto, es imprescindible considerar un mantenimiento eficaz, que puede beneficiar en; mejorar el rendimiento, reducir el tiempo inoperativo del sistema, aumentar la vida útil del arreglo fotovoltaico.

Se debe considerar que el mantenimiento del arreglo fotovoltaico idealmente debe ser realizado por personal calificado para este tipo de sistemas, en caso se deba realizar intervención en el sistema eléctrico.

Las principales labores de mantenimiento que se deben realizar a una instalación fotovoltaica para que se mantenga funcionamiento en óptimas condiciones son las siguientes:

- Limpieza del arreglo fotovoltaico, principalmente la superficie de los paneles.
- Inspección del estado de estructuras de montaje.
- Inspección y diagnóstico de la instalación eléctrica (la labor debe ser ejecutada por un técnico certificado por la SEC).
- Diagnóstico o actualización del software del inversor (la labor debe ser ejecutada por un técnico especialista en inversor).

2.4. **SEGURIDAD ELÉCTRICA**

Para cualquier instalación eléctrica, se debe tener en cuenta los riesgos al momento de efectuar labores y/o manipulación en el sistema. Dentro de los riesgos se destacan: quemaduras, choque eléctrico y electrocución, caídas de nivel a causa de un choque eléctrico.

2.4.1. **Análisis de riesgo eléctrico y mitigación**

Se recomienda seguir normas y reglas de la SEC para instalaciones eléctricas. En sistemas fotovoltaicos es importante utilizar las medidas de seguridad necesarias para reducir riesgos eléctricos:

- Usar dispositivos con aislamiento o protección de contacto.
- Conexión de todas las partes metálicas a tierra.
- Al manipular la instalación, verificar a través de instrumento de medición adecuado, si los componentes están desenergizados.
- Inversor con monitoreo de aislamiento.
- Apagar el inversor antes de separar los conectores (riesgo de arco eléctrico).
- Si no es posible desenergizar cables de alta tensión, se deben tapar o cumplir una distancia de protección.
- De los módulos fotovoltaicos, no tocar partes que puedan llevar energía como las zonas metálicas.
- Utilizar herramientas eléctricas apropiadas y aisladas.
- Abrir y bloquear mediante candados o cerrojos, los circuitos en el lugar de trabajo (CC o CA).
- Señalizar la condición de bloqueo mediante tarjetas de operación (“Fuera de Servicio”, “No Operar”, etc.).
- Tapar las partes que no pueden ser desenergizadas para evitar el contacto accidental.

2.5. **ESPACIO FÍSICO PARA LA INSTALACIÓN**

El negocio se encuentra ubicado en la plaza de armas de la ciudad de Illapel, en la esquina de calle Constitución con Valdivieso.

Los módulos fotovoltaicos con sus estructuras, serán instalados sobre un techo plano sin inclinación de estructura de fierro con cubierta de zinc, la superficie de la techumbre es de $8 \times 5,3$ [m], el negocio tiene una orientación nororiente con respecto a la cara frontal. El inversor y el tablero eléctrico se deben ubicar en el interior del local.

En las imágenes mostradas a continuación se puede ver la construcción destinada a local comercial.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-1. Fotografía frontal del local comercial.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-2. Fotografía posterior del local comercial.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-3. Techumbre del local comercial.

Previo a la cotización que se realiza con las empresas de servicio para implementar un arreglo fotovoltaico, se efectúa una evaluación teniendo en cuenta el espacio físico en donde serán montados los paneles y los equipos que conforman el sistema, en los puntos a continuación se desglosa el detalle de esta evaluación.

2.5.1. Kits fotovoltaico incluye

- Paneles fotovoltaico policristalinos.
- 1 Inversor On Grid certificado.
- Instalación y montaje de los equipos.
- Puesta en marcha.
- Tramitación de documentos para la conexión a la red de distribución eléctrica.

2.5.2. La instalación considera

- Canalización para la conexión entre los paneles y el inversor (circuito en corriente continua).
- Canalización para la conexión entre el inversor y el tablero (circuito en corriente alterna).
- Sistema de puesta a tierra para los paneles y la estructura.
- Estructuras de montaje con inclinación de 28°.

2.5.3. Condiciones de la instalación

- La instalación será realizada en la edificación de 1 piso.
- Duración máxima de la instalación, 7 días hábiles en horario de 9 a 18 horas.
- La instalación queda sujeta a disponibilidad de espacio en el techo, a factibilidad técnica y de seguridad.
- No considera otra modificación del empalme.
- Sistema eléctrico monofásico.
- Puede existir costos adicionales, tales como; más metros de cable, estructuras especiales, trabajos en la techumbre o la necesidad de normalizar el tablero eléctrico existente, los cuales serán indicados al momento de la instalación y/o visita técnica y tendrán un costo adicional al valor del kit.

2.5.4. Condiciones de diseño y techumbre

- El diseño propuesto podría sufrir modificaciones durante la instalación siempre y cuando el propietario acepte de común acuerdo.
- La inclinación máxima en la cual se debe realizar esta instalación es de 30°.
- Las condiciones de la techumbre y el entorno de la edificación son suficientes para realizar la instalación de forma segura.

2.5.5. Condiciones de la conexión

- Conexión a la red de distribución eléctrica (Net-Billing), la que tiene una duración aproximada de 2 meses desde la fecha de la adquisición del kit.
- Es necesario que cuando la instalación esté completa, el dueño del negocio o representante, participe de la entrega formal de esta.
- Durante el periodo de conexión se requiere visitar la edificación junto con personal de la SEC y/o la distribuidora eléctrica local (CONAFE).

De acuerdo a los puntos antes estudiados, y en favor a la simulación realizada con el programa del Ministerio de Energía, se ha determinado un arreglo fotovoltaico de 3 [kW] debido a un óptimo aprovechamiento de la superficie instalada, considerando que el techo del negocio es plano, se busca evitar problemas de sombra entre paneles y sus estructuras de montaje. Coincide que esta potencia generada por los paneles fotovoltaicos va a ser consumida en un 100 % en el uso de artefactos eléctricos del negocio, sin excedentes para la red eléctrica.

Con un arreglo fotovoltaico de 3 [kW] de potencia, se puede producir aproximadamente entre 4.400 – 4.800 [kWh/año], con emisiones de CO₂ evitadas de 1,5 – 1,6 toneladas al año y un ahorro anual estimado entre \$ 460.000 - \$ 660.000 en la cuenta de servicio eléctrico.

2.6. COTIZACIÓN DEL PROYECTO

La instalación fotovoltaica es cotizada a través de la empresa comercializadora de productos para sistemas solares “Kuhn”, en el mercado actual existen kits de arreglo fotovoltaico para distintas potencias según requerimiento, en esta cotización se busca un kits On Grid monofásico con potencia de 3 [kW].

2.6.1. Kits fotovoltaico On Grid de 3 [kW] monofásico

- 10 Paneles policristalinos certificados SEC de 310 [Wp].
- 1 Inversor Omnik On Grid certificado SEC de 3 [kW].
- 1 Estructura de aluminio para soporte.
- 24 Metros de cable solar 4 [mm²], incluye canalización metálica.
- 1 Par de conectores MC4 (1 macho + 1 hembra).

Tabla 2-9. Cotización de instalación kits fotovoltaico.

	Valor
Kits fotovoltaico On Grid 3 [kW]	\$ 2.130.320
Instalación	\$ 400.000
Certificación SEC	\$ 250.000
2 Estructuras de montaje	\$ 399.980
Medidor bidireccional	\$ 34.990
Total	\$ 3.215.290

Fuente: Elaboración propia en Excel.

En los puntos a continuación se detallan las características técnicas de paneles fotovoltaico e inversor del sistema de generación que son cotizados para la instalación.

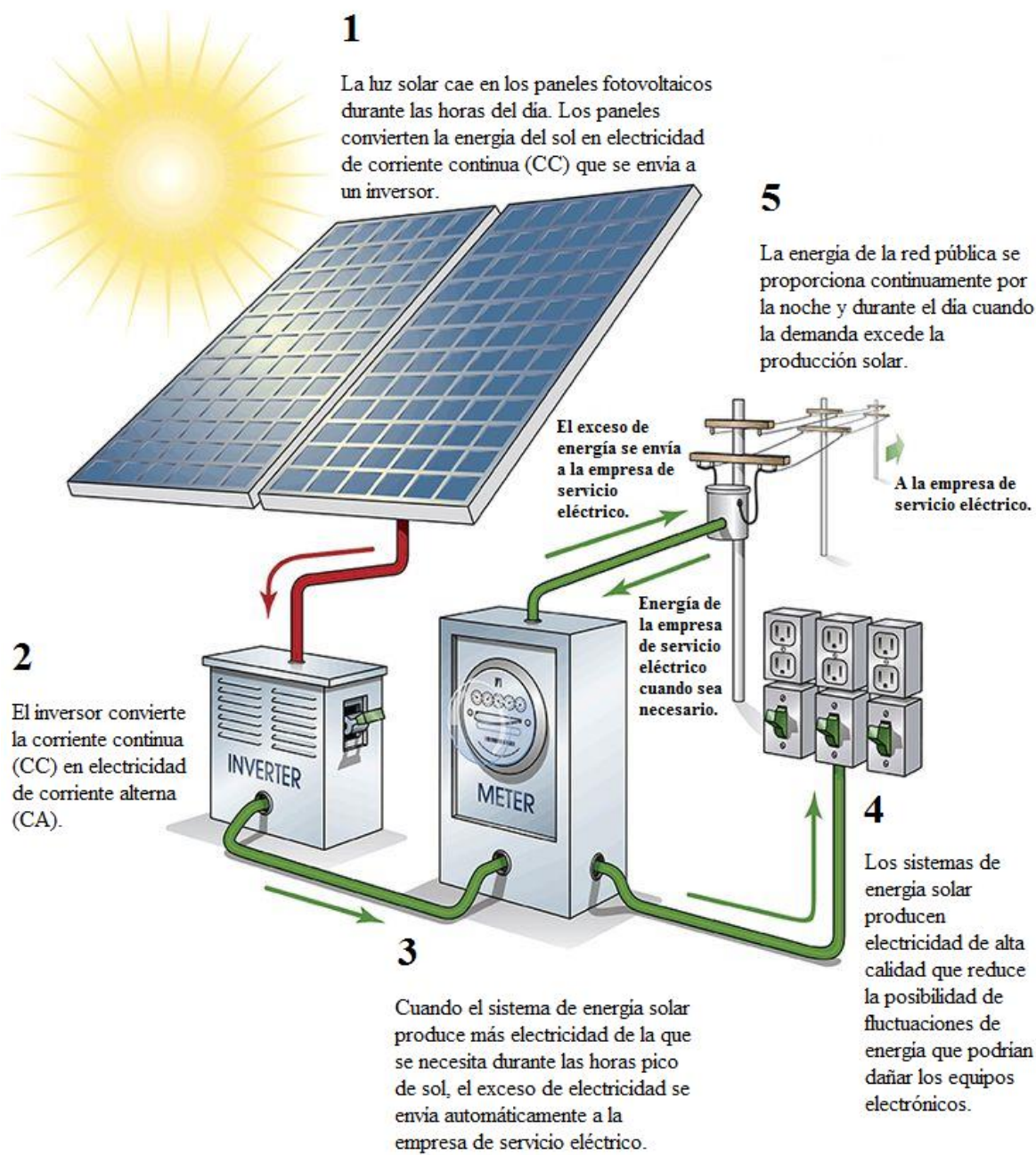
2.6.1.1. Panel solar fotovoltaico policristalino 310 [Wp] Kuhn

- 72 Celdas
- Potencia máxima: 310 [Wp]
- Voltaje máximo: 37 [V]
- Voltaje circuito abierto: 45,6 [V]
- Corriente máxima: 8,53 [A]
- Corriente corto circuito: 8,99 [A]
- Dimensiones: $1.960 \times 990 \times 40$ [mm]
- Peso: 22 [kg]
- Cables con conectores MC4 instalados.

2.6.1.2. Inversor de voltaje On Grid Omnik 3.0K-TL2-S-DC-WIFI

- Inversor monofásico 220 [V]
- Rango de voltaje: 120-450 [V]
- Corriente máxima: 18 [A]
- Potencia nominal: 3000 [W]
- Potencia máxima: 3250 [W]
- Eficiencia de conversión de energía: 97,7 %
- Switch DC y WiFi incorporado.

2.7. DIAGRAMA DE LA INSTALACIÓN



Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/398639004503352978/>

Figura 2-4. Instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

3. **EVALUACION ECONÓMICA**

En el capítulo de evaluación económica se considera principalmente el flujo de caja proyectado de la inversión. Se utilizarán indicadores económicos VAN, TIR y PRI, para determinar la factibilidad del proyecto.

Los flujos de caja obtenidos a lo largo de 12 años, serán evaluados con distintos escenarios, para ello se realiza un flujo de caja sin crédito y otros con crédito externo de 25 %, 50 % y 75 %. Los valores serán expresados en UF.

3.1. **EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACION DE GENERACIÓN ELECTRICA FOTOVOLTAICA**

El proyecto busca una solución al planteamiento del problema, el cual surge de una idea que se desea resolver, para este caso, la instalación de paneles fotovoltaico con la finalidad de reducir costos en el consumo de energía eléctrica e incentivar al uso de ERNC. Para esta evaluación, tratado como un proyecto privado, cuyo interés principal del inversionista es la ganancia que podría otorgarle la generación de energía sustentable, presentando presupuestos elaborados a precios de mercado.

Los aspectos principales a considerar en esta evaluación son:

- Los costos y beneficios son para el dueño del local.
- Son utilizados los valores de mercado en los bienes e insumos.
- Los flujos están afecto a impuesto.
- Se obtiene un mayor bienestar en forma privada, el propietario es quien realiza la inversión.

El objetivo y finalidad de este proyecto es:

- La rentabilidad del inversionista, con recursos propios a invertir, independiente de donde provengan los fondos para desarrollar un proyecto moderno, que incluye promover el uso de energía renovable no convencional.
- Capacidad de pago del proyecto, considerando que el inversionista debe enfrentar compromisos de pago en los cuales eventualmente existiría un endeudamiento para su realización.

3.1.1. Etapas del proyecto

El ciclo de un proyecto considera las siguientes etapas básicas: idea, pre-inversión, inversión y operación.

Idea: es la búsqueda de nuevas oportunidades de negocios o la posibilidad para mejorar el funcionamiento de la empresa, surge con la identificación de opciones para soluciones de problemas o ineficiencias que pudiesen existir. Este proyecto busca el mejoramiento con generación eléctrica sustentable, mediante la instalación del sistema fotovoltaico para obtener una eficiencia energética y los beneficios que conlleva.

Pre-inversión: esta etapa consiste en medir la conveniencia económica de concretar una idea, la pre-inversión considera los siguientes factores: perfil, pre-factibilidad y factibilidad.

- Perfil: basado en información secundaria generalmente de tipo cualitativo, en opiniones de expertos o estadísticas relacionadas. El objetivo principal es determinar si existen antecedentes o factores que justifiquen el abandono del proyecto sin efectuar gastos futuros y por otro lado, agotar las opciones de solución, optando por aquellas pudiese ser la más conveniente.
- Pre-factibilidad: proyecta los beneficios y costos a lo largo del tiempo con la elaboración de un flujo de caja estructurado en función de criterios establecidos. En el presente capítulo se realiza el estudio económico para determinar si el proyecto resulta factible, y establecer en cuanto tiempo se recupera la inversión.
- Factibilidad: al igual que la pre-factibilidad, proyecta beneficios y costos a lo largo del tiempo expresándose mediante un flujo de caja estructurado. La información es demostrativa expresando la viabilidad económica del proyecto, esto mediante indicadores económicos.

Inversión: es cuando se coloca un capital para obtener una ganancia futura, esto supone una elección que resigna un beneficio inmediato por uno futuro, y que por lo general es improbable.

Operación: esta fase comienza cuando el bien o servicio sale hacia el mercado o se encuentra implementado. Fase de mayor duración y corresponde al periodo en el que se espera que el proyecto permita recuperar el capital invertido.

3.1.2. Estudio de mercado del proyecto

Permite medir las variables que afectan a la oferta y demanda de un bien o servicio determinado. Para este proyecto de generación eléctrica fotovoltaica únicamente

en la cafetería, se plantea estudiar el mercado de proveedor y el de consumidor. Si se piensa ampliar el concepto e impulsar un negocio relacionado a la implementación de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, se debe considerar el mercado competidor y el mercado distribuidor.

- Mercado proveedor: para este proyecto se estudia los aspectos de los costos de los insumos, calidad y disponibilidad. Para ello se realiza la cotización de insumos por medio de empresas proveedoras en el ámbito de generación fotovoltaicas, optando por ofertas en recursos de calidad para la instalación del sistema.
- Mercado consumidor: la decisión del consumidor o propietario del negocio para implementar esta tecnología, demandar un servicio o comprar un producto.
- Mercado distribuidor: dirigido a un proyecto que estudia la generación de un producto más que de un servicio, los costos finales se reflejan en el canal de distribución para llegar al consumidor.
- Mercado competidor: permite conocer y evaluar el funcionamiento de empresas similares a las de un proyecto en ejecución y ayuda a definir una estrategia comercial competitiva con ellas.

3.1.3. Estudio técnico del proyecto

Este estudio tiene por objetivo, el proveer información para cuantificar los costos de operación y el monto de la inversión realizada en el proyecto, además de conocer un estimado en consumo eléctrico y cuanto es el ahorro que se obtiene mediante la implementación de la tecnología fotovoltaica.

Con el estudio técnico, se podrá definir la función que optimice el empleo de recursos disponibles de la implementación del bien o servicio del proyecto, tales como, la necesidad de capital, recursos materiales y la mano de obra.

- Inversión: correspondiente al proceso de implementación del proyecto, utilizando recurso económico con el objeto de alcanzar un beneficio.
- Operación: etapa en la cual se ejecuta el proyecto, considerando la puesta en marcha y operación plana del proyecto.

3.1.4. Indicadores para la evaluación económica

Los indicadores permiten medir la progresión de los objetivos propuestos, efectuando una evaluación adecuada en el flujo de caja del proyecto. Los indicadores principales que serán usados en el estudio son:

- TIR: Tasa Interna de Retorno, permite medir la rentabilidad como porcentaje.
- VAN: Valor Actual Neto, mide la rentabilidad deseada luego de recuperar toda la inversión, para ello, se calcula el valor actual de los flujos de caja futuros, proyectados a partir del primer periodo de operación y restando la inversión total en el momento de inicio o cero. Si el VAN es positivo ($VAN > 1$), la inversión produce ganancia por ende el proyecto es aceptable. Cuando el VAN es negativo ($VAN < 1$), la inversión produce pérdidas, se debe considerar el rechazo del proyecto. Si se obtiene un $VAN = 0$, la inversión no genera ganancia ni pérdidas, para este caso se debe considerar la finalidad del proyecto como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.
- PRI: Periodo de Recuperación de la Inversión, permite medir en cuanto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo del capital involucrado.

3.1.5. Tasa de descuento

La tasa de descuento es el tipo de interés que se utiliza para convertir dinero del futuro en dinero del presente. Es la tasa de interés que se aplica a un valor futuro para calcular su valor actual. Tasa de rentabilidad mínima que se exige a una inversión teniendo en cuenta los riesgos que conlleva.

A continuación, en la Tabla 3-1 se determina el riesgo en que va inmerso el proyecto y en comparación con otros proyectos.

Tabla 3-1. Tasa de descuento.

Nivel de riesgo	Prima por riesgo (%)	Ejemplos
Alto	Sobre 20	Desarrollo de nuevos productos
		Proyectos que usan conceptos novedosos
		Contratos internacionales
Mediano	10 - 20	Proyectos algo fuera del giro de la empresa
		Procesos nuevos que no han sido completamente investigados
Promedio	5 - 10	Incremento de la capacidad de producción
		Implementación de una nueva tecnología conocida
		Proyectos con información de mercado incompleta
Bajo	1 - 5	Mejoramiento de la productividad
		Expansiones en un mercado en donde es líder y lo conoce bien
Muy bajo	0 - 1	Reducción de costos
		Proyectos relativos de seguridad

Fuente: Elaborado en Excel con datos obtenidos en asignatura de Evaluación de Proyectos.

Ante los resultados de la Tabla 3-1, se determina que el riesgo del proyecto está dentro del promedio por tratarse de la implementación de una nueva tecnología conocida con la finalidad de innovar y reducir costos en la cuenta de electricidad.

3.1.6. Determinación de moneda

El tipo de moneda que se utiliza para el desarrollo del flujo de caja y cambios de valor en el paso del tiempo es el valor en Unidades de Fomento (UF) en peso chileno, cuyo monto considerado en este estudio es de \$ 26.824, de acuerdo a la fecha 30/01/18.

3.2. CUADRO RESUMEN DE COSTOS

A continuación, en la Tabla 3-2 se presentan valores promedios en relación al consumo eléctrico del negocio del año 2016 evaluado sin y con sistema fotovoltaico, además de la diferencia de estos correspondiente al ahorro que se obtiene con esta implementación.

Tabla 3-2. Cuadro resume de costos.

	Día (\$)	Mes (\$)	Año (\$)	%
Promedio de consumo eléctrico sin sistema FV	6.222	186.653	2.239.836	100
Promedio de ahorro con sistema FV	1.556	46.667	560.000	25
Promedio de consumo eléctrico con sistema FV	4.666	139.986	1.679.836	75
Inversión sistema FV				3.215.290

Fuente: Elaboración propia en Excel.

3.3. FLUJO DE CAJA PURO DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO A 12 AÑOS

Tabla 3-3. Flujo de caja puro del proyecto fotovoltaico a 12 años.

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
+	Costo sin proyecto		85,06	85,03	85,23	85,66	86,31	85,95	86,33	85,20	85,08	84,70	84,33	83,95
-	Costo con proyecto		63,80	63,73	63,93	64,34	64,97	64,60	64,91	63,86	64,07	63,56	62,67	64,78
=	Utilidad		21,26	21,30	21,30	21,32	21,34	21,35	21,42	21,34	21,01	21,14	21,66	19,18
-	Inversión en Activos	- 122,11												
-	Imprevistos	- 3,50												
=	Total Anual	- 125,61	21,26	21,30	21,30	21,32	21,34	21,35	21,42	21,34	21,01	21,14	21,66	19,18
+	Crédito Largo Plazo	-												
=	Flujo Neto	- 125,61	21,26	21,30	21,30	21,32	21,34	21,35	21,42	21,34	21,01	21,14	21,66	19,18
	Flujo Neto Actualizado	- 125,61	19,69	18,26	16,91	15,67	14,52	13,45	12,50	11,53	10,51	9,79	9,29	7,62
	Flujo Neto Acumulado	- 125,61	- 105,92	- 87,66	- 70,75	- 55,08	- 40,56	- 27,11	- 14,61	- 3,08	7,43	17,22	26,51	34,13

VAN (UF)	34,13
PRI (Años)	9
TIR (%)	13,00
Tasa de descuento (%)	8,0
Payment (\$)	0,00

Fuente: Elaboración propia en Excel.

3.4. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO CON CRÉDITO DE 25 % DE LA INVERSIÓN Y CON 10 % DE INTERÉS

Tabla 3-4. Flujo de caja del proyecto fotovoltaico a 12 años, con crédito de 25 % de la inversión y con 10 % de interés.

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
+	Costo sin proyecto		85,06	85,03	85,23	85,66	86,31	85,95	86,33	85,20	85,08	84,70	84,33	83,95
-	Costo con proyecto		68,41	68,34	68,54	68,95	69,58	69,21	69,52	68,47	68,68	68,17	67,28	69,39
=	Utilidad		16,66	16,69	16,69	16,71	16,73	16,74	16,81	16,73	16,40	16,53	17,05	14,57
-	Inversión en Activos	- 122,11												
-	Imprevistos	- 3,50												
=	Total Anual	- 125,61	16,66	16,69	16,69	16,71	16,73	16,74	16,81	16,73	16,40	16,53	17,05	14,57
+	Crédito Largo Plazo	31,40												
=	Flujo Neto	- 94,21	16,66	16,69	16,69	16,71	16,73	16,74	16,81	16,73	16,40	16,53	17,05	14,57
	Flujo Neto Actualizado	- 94,21	15,43	14,31	13,25	12,28	11,39	10,55	9,81	9,04	8,20	7,66	7,31	5,79
	Flujo Neto Acumulado	- 94,21	- 78,78	- 64,47	- 51,22	- 38,94	- 27,55	- 17,00	- 7,19	1,85	10,05	17,71	25,02	30,81

VAN (UF)	30,81
PRI (Años)	8
TIR (%)	13,97
Tasa de descuento (%)	8,0
Payment (\$)	4,61

Fuente: Elaboración propia en Excel.

3.5. **FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO CON CRÉDITO DE 50 % DE LA INVERSIÓN Y CON 10 % DE INTERÉS**

Tabla 3-5. Flujo de caja del proyecto fotovoltaico a 12 años, con crédito de 50 % de la inversión y con 10 % de interés.

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
+	Costo sin proyecto		85,06	85,03	85,23	85,66	86,31	85,95	86,33	85,20	85,08	84,70	84,33	83,95
-	Costo con proyecto		73,02	72,95	73,15	73,56	74,19	73,82	74,13	73,08	73,29	72,78	71,89	73,99
=	Utilidad		12,05	12,08	12,08	12,10	12,12	12,13	12,20	12,12	11,79	11,92	12,44	9,96
-	Inversión en Activos	- 122,11												
-	Imprevistos	- 3,50												
=	Total Anual	- 125,61	12,05	12,08	12,08	12,10	12,12	12,13	12,20	12,12	11,79	11,92	12,44	9,96
+	Crédito Largo Plazo	62,81												
=	Flujo Neto	- 62,81	12,05	12,08	12,08	12,10	12,12	12,13	12,20	12,12	11,79	11,92	12,44	9,96
	Flujo Neto Actualizado	- 62,81	11,16	10,36	9,59	8,89	8,25	7,64	7,12	6,55	5,90	5,52	5,34	3,96
	Flujo Neto Acumulado	- 62,81	- 51,65	- 41,29	- 31,70	- 22,81	- 14,56	- 6,92	0,20	6,75	12,65	18,17	23,51	27,47

VAN (UF)	27,47
PRI (Años)	7
TIR (%)	15,87
Tasa de descuento (%)	8,0
Payment (\$)	9,22

Fuente: Elaboración propia en Excel.

3.6. **FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO CON CRÉDITO DE 75 % DE LA INVERSIÓN Y CON 10 % DE INTERÉS**

Tabla 3-6. Flujo de caja del proyecto fotovoltaico a 12 años, con crédito de 75 % de la inversión y con 10 % de interés.

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
+	Costo sin proyecto		85,06	85,03	85,23	85,66	86,31	85,95	86,33	85,20	85,08	84,70	84,33	83,95
-	Costo con proyecto		77,63	77,56	77,76	78,17	78,80	78,43	78,74	77,69	77,90	77,39	76,50	78,60
=	Utilidad		7,44	7,47	7,48	7,49	7,51	7,52	7,59	7,51	7,18	7,31	7,83	5,35
-	Inversión en Activos	- 122,11												
-	Imprevistos	- 3,50												
=	Total Anual	- 125,61	7,44	7,47	7,48	7,49	7,51	7,52	7,59	7,51	7,18	7,31	7,83	5,35
+	Crédito Largo Plazo	94,21												
=	Flujo Neto	- 31,40	7,44	7,47	7,48	7,49	7,51	7,52	7,59	7,51	7,18	7,31	7,83	5,35
	Flujo Neto Actualizado	- 31,40	6,89	6,40	5,94	5,51	5,11	4,74	4,43	4,06	3,59	3,39	3,36	2,12
	Flujo Neto Acumulado	- 31,40	- 24,51	- 18,11	- 12,17	- 6,66	- 1,55	3,19	7,62	11,68	15,27	18,66	22,02	24,14

VAN (UF)	24,14
PRI (Años)	6
TIR (%)	21,33
Tasa de descuento (%)	8,0
Payment (\$)	13,83

Fuente: Elaboración propia en Excel.

3.7. **EVALUACIÓN DE FLUJOS DE CAJA DEL PROYECTO**

Tabla 3-7. Conceptos aplicados en el flujo de caja.

+	Costo sin proyecto	Consumo de energía SIN el arreglo fotovoltaico
-	Costo con proyecto	Consumo de energía CON el arreglo fotovoltaico
=	Utilidad	Ahorro en gastos por consumo eléctrico
-	Inversión en Activos	Inversión en equipos e instalación del arreglo fotovoltaico
-	Imprevistos	Gastos asociados no contemplados en el proyecto (granizo, etc.)
=	Total Anual	Total de gastos anuales
+	Crédito Largo Plazo	Crédito de largo plazo aplicado sobre el Costo con Proyecto
=	Flujo Neto	Flujo neto del periodo proyectado
	Flujo Neto Actualizado	Flujo de dinero llevado al presente
	Flujo Neto Acumulado	Flujo neto o Valor Actual Neto (VAN)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3-3 correspondiente al flujo de caja puro del proyecto fotovoltaico evaluado a 12 años, y financiado por el propietario del negocio, se obtiene un VAN positivo en el noveno año de 7,43 UF. En el año 12 se obtiene un VAN de 34,13 UF, valor que se tomará como punto de medición al momento de determinar si el proyecto justifica o no la inversión para el local, y en comparación a los flujos de caja obtenidos con crédito a largo plazo de 25 %, 50 % y 75 % de la inversión.

Este proyecto no considera un capital de trabajo debido a que se trata de una mejora para un establecimiento ya operativo, lo que conlleva a un costo de inversión e instalación del sistema.

3.7.1. **Proyecto con crédito a largo plazo del 25 %, 50 % y 75 % de la inversión**

Parte de este estudio también consiste en determinar si es conveniente adquirir un crédito de largo plazo para un mejor desarrollo del proyecto, al momento de realizar la inversión inicial. El crédito de largo plazo puede ser adquirido por parte de una empresa financiera externa, Banco del Estado, el que aplica una tasa de interés del 10 %, de acuerdo al riesgo que conlleva un proyecto de una mejora con respecto a la Tabla 3-1. Las cuotas del crédito se suman al valor anual en los cuadros de “Costo con proyecto”.

En la Tabla 3-7, se desarrolla una comparativa con respecto a los indicadores económicos obtenidos en los flujos de caja del proyecto a 12 años. El payment es el

valor agregado al costo con proyecto, aplicado en los 12 años que dura el proyecto y con el fin de pagar el crédito.

Tabla 3-8. Comparativa de resultados obtenidos en los flujos de caja.

Inversión	125,61				
%	Crédito	VAN (UF)	PRI (Años)	TIR (%)	Payment (\$)
0	-	34,13	9	13	0
25	31,40	30,81	8	13,97	4,61
50	62,81	27,47	7	15,87	9,22
75	94,21	24,14	6	21,33	13,83

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos.

3.7.2. Rentabilidad del proyecto con crédito

Con los datos obtenidos y comparados en la Tabla 3-7, se puede determinar que existe rentabilidad a largo plazo con el proyecto fotovoltaico, para ser implementado en el negocio, incluso si se hace con o sin financiamiento.

De acuerdo a la Tabla 3-7 se puede visualizar una disminución del VAN en el año 12 según el porcentaje de financiamiento. El Periodo de Retorno de la Inversión (PRI) también se reduce mientras mayor sea el financiamiento con crédito para el proyecto.

Por otro lado, al analizar que variante de financiamiento es mejor al momento de generar el proyecto y considerando que este busca principalmente la reducción de gastos en cuenta de electricidad, se determina por seleccionar el crédito del 50 % de la inversión, principalmente porque presenta un promedio favorable en los indicadores económicos y que permite solventar la inversión realizada en un periodo de 7 años.

3.8. SENSIBILIZACIÓN

Mediante la sensibilización se puede observar si existe algún flujo crítico que implique en que el proyecto no sea rentable.

Esto genera un cálculo en donde se simule un presunto evento, tal como la variación en el costo de la inversión.

3.8.1. Variación en la inversión

Se generó una variación al monto de la inversión. En la que se obtuvo un VAN negativo si se disminuye los flujos en un 50 %.

Tabla 3-9. Variación en la inversión.

Variación (%)	VAN (UF)	PRI (Años)	TIR (%)
-50	-3,60	12	5,68
-40	1,92	11	9,19
-30	7,47	9	12,46
-20	13,03	8	15,54
-10	18,56	7	18,48
0	24,14	6	21,33
10	29,69	5	24,09
20	35,25	5	26,79
30	40,79	4	29,43
40	46,35	4	32,03

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos.

En el Gráfico 3-1 se puede visualizar la recta de VAN cuando se aplica la sensibilización en los flujos de caja, variando el monto de la inversión.

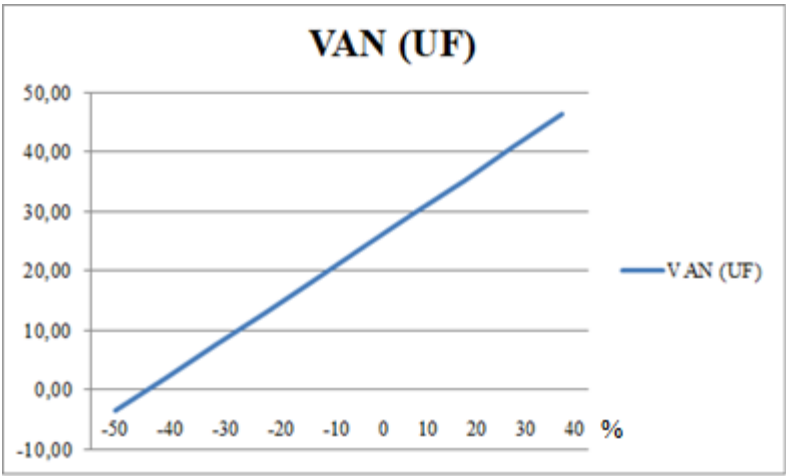


Gráfico 3-1. Variación en la inversión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Actualmente en Chile, se tiene un pequeño mercado emergente de sistemas de generación fotovoltaica, posicionándose con un gran potencial y expectativas de crecimiento debido a las características geográficas y factores ambientales que existen en el norte del país.

Hoy en día se encuentra una alta demanda energética en el país, tanto a nivel comercial, doméstico e industrial. Con esto se puede lograr abastecer necesidades de una manera confiable, limpia y económica, cumpliendo con las leyes y normas que rige el país, además de promover nuevas tecnologías sustentables y aumentar el prestigio social de la empresa u otro establecimiento que adopte este sistema de generación eléctrica.

Es importante señalar la evolución que ha logrado tomar las nuevas tecnologías de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y por sobre todo la de generación fotovoltaica, haciéndose atractiva cuando se desea estimar condiciones futuras de sustentabilidad, eficiencia y cuidado del medio ambiente que son temas de gran importancia hoy en día para la sociedad. A futuro, se espera que el tema de costos para las inversiones en ERNC siga disminuyendo, favoreciendo principalmente en el cuidado del medio ambiente, sin embargo, cabe destacar que al realizar este tipo de inversión se obtiene un retorno en un periodo de tiempo debido a la reducción en la cuenta por servicio eléctrico.

Con respecto al costo de este tipo de generación, parece proyectarse como una buena alternativa en cuanto a nueva tecnología y solución a los problemas de generación del país, y específicamente para el apoyo con energía sustentable en la cafetería, disminuyendo el gasto en servicio eléctrico, considerando también la reducción de emisiones de CO₂ que se evitan con esta solución, siendo una alternativa beneficiosa en términos de confiabilidad y operación. A diferencia de la generación de energía convencional, es atractivo incluir al mercado fuentes que no producen aspectos negativos y que son poco invasivas con el medio ambiente.

En el estudio se analizaron los equipos de un arreglo fotovoltaico conectado a la red eléctrica de distribución los que contemplan principalmente, los paneles solares, un medidor bidireccional, un inversor y las estructuras de soporte. Cabe señalar que una de las principales características de la energía solar fotovoltaica es su modularidad, esto quiere decir que si comparamos la cantidad de energía que genera una planta de 2 [kWp] (8 paneles de 250 [Wp]) es el doble de la energía y por lo tanto el doble de la inversión de un proyecto de 1 [kWp]. Adicionalmente, en el primer capítulo son analizados los factores ambientales que inciden en la generación de energía del arreglo fotovoltaico,

para implementar una instalación, se debe proyectar la cantidad de energía que generará una planta fotovoltaica a partir del nivel de radiación existente en el lugar, en conjunto con otros factores ambientales y de diseño. Para ello, se utilizó la plataforma “Explorador Solar” del Ministerio de Energía, la cual permite obtener un acercamiento para determinar cuanta energía generará una planta fotovoltaica en el punto determinado, la ciudad de Illapel.

Con relación a las implicancias técnicas de este proyecto, la alternativa de generación fotovoltaica conectada a la red eléctrica (On Grid) ofrece ventajas y genera una mayor confiabilidad para el funcionamiento sustentable de los equipos que se encuentran en el local, esto considerando que se trata de un establecimiento comercial que entrega un servicio y opera en un determinado horario continuado. El espacio físico es adecuado para realizar este tipo de instalación, por lo cual no presenta mayores inconvenientes en su implementación.

De acuerdo a la evaluación económica para implementar este tipo de generación en el establecimiento, es pertinente realizar la inversión con el apoyo de una institución bancaria, mediante un crédito a largo plazo, el que permite solventar el gasto y reducir el periodo de retorno de la inversión para el proyecto que busca principalmente la reducción de gastos en la cuenta de servicio eléctrico.

En base al estudio de factibilidad se pueden acotar ciertas recomendaciones antes de realizar la implementación de un arreglo fotovoltaico, esto de acuerdo a requisitos que debe reunir la edificación en donde se llevará a cabo el proyecto, tales como: disponibilidad de superficie (m^2), demostrar propiedad sobre el inmueble (debido a trámite del proceso de conexión de la Ley 20.571), orientación de la techumbre, revisar sombras en la superficie, normalización de la instalación eléctrica y el estado de la techumbre. Con respecto a la conexión, es recomendable realizar una instalación conectada a la red eléctrica de distribución (On Grid), ya que ofrece una mayor rentabilidad, debido que permite vender a la red, energía que no es consumida y en caso de necesitar más energía que la producida por la instalación FV, se abastece de la red.

Antes de realizar una instalación FV, se debe evaluar bien el tamaño de la planta de acuerdo a los requerimientos de energía que se necesitan en el inmueble, es posible que no se requiera una instalación de gran magnitud y por ende mayor inversión. Cuando los requerimientos de energía son menores, se puede optar por una inversión más baja y sacar el máximo aprovechamiento de la generación, con menos excedente para la red eléctrica de distribución.

BIBLIOGRAFÍA

Dirección General de Aguas. Información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas. Disponible en: <http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacin%20Mensual/Boletin_enero2018.pdf>.

Superintendencia de Electricidad y Combustible. Ley 20571. Disponible en: <http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,5819695&_dad=portal&_schema=PORTAL>.

Manual de instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos. Disponible en: <<https://es.scribd.com/document/341584855/Manual-de-instalacion-sistemas-fotovoltaicos-1-pdf>>.

Ministerio de Energía. Explorador solar. Disponible en: <<http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>>.

Ministerio de energía. Guía de evaluación inicial de edificios para la instalación de sistemas fotovoltaicos. Disponible en: <http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/guia_evaluacion_sistema_fv.pdf>.

Saclima solar fotovoltaica. Reguladores de carga solar. Disponible en: <<http://www.saclimafotovoltaica.com/reguladores-de-carga-solar/>>.

Click renovables. Como legalizar una instalación fotovoltaica para el autoconsumo. Disponible en: <<http://www.clickrenovables.com/blog/como-legalizar-una-instalacion-fotovoltaica-para-el-autoconsumo/>>.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile / BCN. Ley 20571. Disponible en: <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1038211>>.

Click renovables. Cálculo de una instalación fotovoltaica. Disponible en: <<http://www.clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>>.

ACESOL Asociación Chilena de Energía Solar. Guía para usuarios de fotovoltaica. Disponible en: https://acesol.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=41:gu%25C3%25A Da-para-usuarios-de-fotovoltaica&catid=2:pages&Itemid=101
<http://www.jfysolar.cl/>.

El mundo de los paneles solares. Disponible en: <https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/peso-y-espacio-que-ocupa-un-sistema-fotovoltaico/>.

Damia solar. Tipos de estructuras para colocar los paneles solares. Disponible en: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/estructuras-para-paneles-solares_1.

Natura energy. Cotización Kit on grid energía solar 3 kW Certificado SEC. Disponible en: <http://www.naturaenergy.cl/products/kit-on-grid-energia-solar-3kw-con-equipos-con-certificacion-sec/>.

Calculadora de consumo eléctrico en Chile. Disponible en: <http://calculadora.empresactm.cl/>.

Click renovables. Calculadora de ahorro usando energía renovable. Disponible en: <http://www.clickrenovables.com/calculadora/null-0/fotovoltaica-1>.

Indap. Curso de evaluación de proyectos. Disponible en: https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/documentos-consultores-fomento/formulacion-y-evaluacion-de-proyectos/metodologia-de-evaluacion-de-proyectos-de-inversi%C3%B3n-para-la-afc-_modulo-2.pdf?sfvrsn=2.

Ministerio de Energía. Manual explorador solar para autoconsumo. Disponible en: http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/doc/Manual_Explorador_Solar.pdf
<http://www.clickrenovables.com/blog/kits-solares-fotovoltaicos-para-autoconsumo-electrico-que-son-como-funcionan/>.

Ministerio de Energía. Calculadora de ahorro en cuenta de luz. Disponible en: <http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/calculadora>.

Kuhn. Cotización Kit fotovoltaico 3000 W on grid monofásico. Disponible en: <<http://www.kuhn.cl/webstore/energiasolar/fotovoltaica/kitsongrid/kit-fotovoltaico-3000w-on-grid-monofasico-220v-tl2-omnik.html>>.

Superintendencia de Electricidad y Combustible. Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Disponible en: <http://www.sec.cl/pls/portal/docs/page/sec2005/electricidad_sec/ernc/generacion_distribuida/links_y_noticias/tab6243717/guia_operacion_mantenimiento.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1: LEY 20571

Ley 20571

La Generación Ciudadana, establecida mediante la Ley 20.571, es un sistema que permite la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y cogeneración eficiente. Esta Ley, conocida también como Netbilling, Netmetering o Generación Distribuida, entrega el **derecho a los usuarios a vender sus excedentes directamente a la distribuidora eléctrica a un precio regulado**, el cual está publicado en el sitio web de cada empresa distribuidora.

Todo sistema de generación eléctrica que busque acogerse a esta ley, debe ser declarado ante la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, SEC, que desde el año 2015 cuenta con una **Unidad Técnica Especializada en ERNC** para atender los requerimientos de la ciudadanía. Esta Declaración Eléctrica debe ser realizada por un Instalador Autorizado, y debe contener además los detalles técnicos de la instalación, así como de los productos a utilizar. Posteriormente, la SEC fiscaliza la Instalación y si ésta cumple con los requerimientos técnicos, autoriza su funcionamiento, tras lo cual, el propietario deberá notificar [su conexión a la red](#) de la Empresa de distribución eléctrica.

La SEC pone a **disposición de la ciudadanía** un listado de los [productos autorizados](#) para ser utilizados en sistemas de generación ciudadana, así como la información de contacto de [todos los instaladores](#) que ya han declarado exitosamente algún sistema de este tipo, mediante el Trámite TE4.



LEY NÚM. 20.571

REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES

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

Proyecto de ley:

"Artículo único.- Introdúcense las siguientes modificaciones en el [decreto con fuerza de ley N° 4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2007](#), que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto con fuerza de ley N° 1, del Ministerio de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, en materia de energía eléctrica:

1) Agrégase, en el inciso final del [artículo 149](#), la siguiente oración final:

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

2) Incorpóranse, como artículos [149 bis](#), [149 ter](#), [149 quáter](#) y [149 quinquies](#), los siguientes:

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

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

Un reglamento determinará los requisitos que deberán cumplirse para conectar el medio de generación a las redes de distribución e inyectar los excedentes de energía a

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

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

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

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

Las inyecciones de energía valorizadas conforme al inciso precedente deberán ser

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

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

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

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

Artículo 149 quáter.- Sin perjuicio de lo establecido en los artículos anteriores, la energía que los clientes finales inyecten por medios de generación renovables no convencionales de acuerdo al artículo 149 bis, podrá ser considerada por las empresas eléctricas que efectúen retiros de energía desde los sistemas eléctricos con capacidad instalada superior a 200 megawatts, a objeto del cumplimiento de la obligación establecida en el artículo 150 bis.

Con dicho fin, anualmente, y cada vez que sea solicitado, la respectiva concesionaria de servicio público de distribución remitirá al cliente un certificado que dé cuenta de las

inyecciones realizadas por el cliente a través de medios de generación renovables no convencionales. Copia de dicho certificado será remitida a las Direcciones de Peajes de los CDEC para efectos de su incorporación al registro a que se refiere el inciso sexto del artículo 150 bis. Mensualmente, y conjuntamente con cada facturación, la concesionaria deberá informar al cliente el monto agregado de inyecciones realizadas desde la última emisión del certificado a que se refiere este inciso.

El certificado de inyecciones leídas constituirá título suficiente para acreditar inyecciones para el cumplimiento de la obligación establecida en el inciso primero del artículo 150 bis, por los valores absolutos de las inyecciones indicadas en él. Para tales efectos, el cliente podrá convenir, directamente, a través de la distribuidora o por otro tercero, el traspaso de tales inyecciones a cualquier empresa eléctrica que efectúe retiros en ese u otro sistema eléctrico. El reglamento establecerá los procedimientos que deberán seguirse para el traspaso de los certificados y la imputación de inyecciones pertinente.

Artículo 149 quinquies.- Los pagos, compensaciones o ingresos percibidos por los clientes finales en ejercicio de los derechos que les confieren los artículos 149 bis y 149 ter, no constituirán renta para todos los efectos legales y, por su parte, las operaciones que tengan lugar conforme a lo señalado en tales disposiciones no se encontrarán afectas a Impuesto al Valor Agregado.

No podrán acogerse a lo dispuesto en el inciso precedente, aquellos contribuyentes del impuesto de Primera Categoría obligados a declarar su renta efectiva según contabilidad completa, con excepción de aquellos acogidos a los artículos 14 bis y 14 ter de la Ley sobre Impuesto a la Renta, contenida en el artículo 1° del decreto ley N° 824, de 1974.

Las concesionarias de servicio público de distribución deberán emitir las facturas que den cuenta de las inyecciones materializadas por aquellos clientes finales que gocen de la exención de Impuesto al Valor Agregado señalada en el inciso precedente, siempre que dichos clientes finales no sean contribuyentes acogidos a lo dispuesto en los artículos 14 bis y 14 ter de la Ley sobre Impuesto a la Renta, caso en el cual éstos deberán emitir la correspondiente factura.

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

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

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

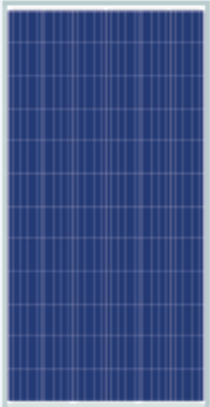
Y por cuanto he tenido a bien aprobarlo y sancionarlo; por tanto promúlguese y llévese a efecto como Ley de la República.

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

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

ANEXO 2: PANEL FOTOVOLTAICO SOLAR KUHN

KYL
72 CELL
SERIES

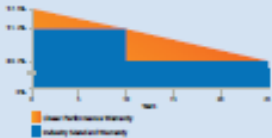


18.4%
CELL EFFICIENCY

10 YEAR
PRODUCT WARRANTY

0 - 5 W
POWER TOLERANCE

25 Years Linear Warranty





PROVEN QUALITY
IN A NEW DIMENSION



Durability
Durable PV modules, independently tested for harsh environmental conditions such as exposure to salt mist, ammonia and known PID risk factors.



Advanced Glass
Our high-transmission glass features a unique anti-reflective coating that directs more light on the solar cells, resulting in a higher energy yield.



Extended Size
Our large-format module facilitates system-level cost savings through reduced handling and installation times.



PID Resistant
Tested in accordance to the draft standard IEC 62804, our PV modules have demonstrated resistance against PID (Potential Induced Degradation), which translates to security for your investment.

www.kuhn.cl

Fuente: http://www.kuhn.cl/pdf/Panel_KYL320P.pdf

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)						
Module type	KYL 300P (300W-Prmax)					
Power output	P _{max}	W	325	320	315	310
Power output tolerances	ΔP _{max}	W	0 / ± 5			
Module efficiency	η _m	%	16.7	16.5	16.2	16.0
Voltage at P _{max}	V _{mp}	V	37.2	37.0	36.8	36.3
Current at P _{max}	I _{mp}	A	8.74	8.64	8.56	8.53
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	46.1	46.0	45.7	45.6
Short-circuit current	I _{sc}	A	9.23	9.18	9.12	8.99

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C module temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 3.3% at 2000W/m² according to EN 60904-1.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)						
Power output	P _{max}	W	236.1	233.4	229.8	226.1
Voltage at P _{max}	V _{mp}	V	34.0	33.8	33.6	33.1
Current at P _{max}	I _{mp}	A	6.94	6.91	6.85	6.82
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	42.7	42.5	42.2	42.1
Short-circuit current	I _{sc}	A	7.45	7.42	7.37	7.27

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	46 +/- 2
Temperature coefficient of P _{max}	γ	%/°C	-0.42
Temperature coefficient of V _{oc}	β _{oc}	%/°C	-0.32
Temperature coefficient of I _{sc}	α _{sc}	%/°C	0.05
Temperature coefficient of V _{mp}	β _{mp}	%/°C	-0.42

OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V _{dc}
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

CONSTRUCTION MATERIALS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Cell (quantity / material / dimensions / number of busbars)	72 / multicrystalline silicon / 156mm x 156mm / 4
Frame (material / color / anodization color / edge sealing)	anodized aluminum alloy / silver / clear / silicone or tape
Junction box (protection degree)	≥ IP65
Cable (length / cross-sectional area)	1.0m / 4.0mm²
Plug connector (type / protection degree)	MCA / IP67

• Due to continuous innovation, research and product improvement, the specifications in this product information sheet are subject to change without prior notice. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed.
• The data do not refer to a single module and they are not part of the offer; they only serve for comparison to different module types.

QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

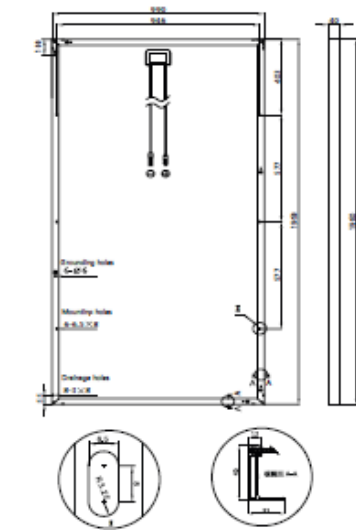
GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L / W / H)	1960mm / 990mm / 40mm
Weight	22kg

PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	
Number of pallets per 40' container	
Packaging box dimensions (L / W / H)	
Box weight	

Unit: mm



Warning: Read the Installation and User Manual in its entirety before handling, installing, and operating modules.

Our Partner:

ANEXO 3: INVERSOR DE CORRIENTE OMNIK

Single Phase Inverter Second Generation

Omniksol-2.5k/3k-TL2-S



5

year

Warranty



product features

Features	Advantages	Benefits
● Built-in GPRS as option	● Longer life cycle	● More stable and reliable
● Built-in WiFi as option	● Plug and play	● No commissioning work to get real-time remote monitoring
● External Indicator	● Free monitoring fee for data transmission	● More convenient monitoring solution without any charge
● Smaller and lighter, 3kW-TL2 weighs only 9.8kg	● Very lower internal temperature	● Longer life cycle
● High performance DSP for algorithm control	● Easy transportation and installation	● Saving storage and installation space
● VDE-AR-N 4105 certification	● Faster CPU speed	● Higher inverter control accuracy
● New topology design	● Adjustable active and reactive power	● Meet the latest certification and regulations
● Multi-button touch interface	● Maximum conversion efficiency up to 97.7%, runs up to 97.0%	● Increase system payback ability
● LCD screen visible at night	● User-friendly operation	● Easy to operate
● Have anti-shading function	● Real-time data readable at night	● Real-time operating condition accessible
	● Suitable to complex installation environment	● Increase the electricity generation of the system in shading environment

Block Diagram



Fuente: http://www.kuhn.cl/pdf/Omniksol-2.5k_3k-TL2-S_EN_Kuhn.pdf

Omniksol-2.5k/3k-TL2-S

Type	Omniksol-2.5k-TL2-S	Omniksol-3k-TL2-S
Input(DC)		
Max. PV Power	2800W	3250W
Max. DC Voltage	500V	500V
Nominal DC Voltage	360V	360V
Operating MPPT Voltage Range	120-450V	120-450V
MPPT Voltage Range at Nominal Power	150-450V	150-450V
Start up DC Voltage	150V	150V
Turn off DC Voltage	120V	120V
Max. DC Current	18A	18A
Max. Short Circuit Current for each MPPT	20A	20A
Number of MPP trackers	1	1
Number of DC Connection for each MPPT	1	1
DC Connection Type	MC4 Connector	MC4 Connector
Output (AC)		
Max. AC Apparent Power	2750VA	3000VA
Nominal AC Power(cos phi = 1)	2500W	3000W
Nominal Grid Voltage	220V/230V/240V	220V/230V/240V
Nominal Grid Frequency	50Hz/60Hz	50Hz/60Hz
Max. AC Current	12.5A	14.0A
Grid Voltage Range*	185-276V	185-276V
Grid Frequency Range*	45-55Hz/55-65Hz	45-55Hz/55-65Hz
Power Factor	0.95 capacitive...0.95 Inductive	0.95 capacitive...0.95 Inductive
Total Harmonic Distortion (THD)	<2%	<2%
Feed in Starting Power	30W	30W
Night time Power Consumption	<1W	<1W
Standby Consumption	6W	6W
AC Connection Type	Plug-in connector	Plug-in connector
Efficiency		
Max. Efficiency (at 360Vdc)	97.7%	97.7%
Euro Efficiency (at 360Vdc)	96.9%	97.0%
MPPT Efficiency	99.9%	99.9%
Safety and Protection		
DC Insulation Monitoring	Yes	
DC Switch	Optional	
Residual Current Monitoring Unit (RCMU)	Integrated	
Grid Monitoring with Anti-Islanding	Yes	
Protection Class	I (According to IEC 62103)	
Overvoltage Category	PV II / Mains III (According to IEC 62109-1)	
Reference Standard		
Safety Standard	EN 62109, AS/NZS 3100	
EMC Standard	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN61000-3-2, EN61000-3-3	
Grid Standard	VDE-AR-N-4105,VDE 0126-1-1, RD1699, C10/11, G83/2, UTE C15-712-1, A64777, CEI D-21, EN50438	
Physical Structure		
Dimensions (WxHxD)	343x281x150mm	
Weight	9.9kg	
Environmental Protection Rating	IP 65 (According to IEC 60529)	
Cooling Concept	Natural convection	
Mounting Information	Wall bracket	
General Data		
Operating Temperature	-20°C to +60°C(derating above 45°C)	
RangeRelative Humidity	0% to 98%, no condensation	
Max. Altitude (above sea level)	2000m	
Noise Level	< 40dB	
Isolation Type	Transformerless	
Display	3 LED, Backlight, 4 x 20 Character LCD	
Data Communication Interfaces	RS485(WiFi, GPRS Integrated)	
Computer Communication	USB	



Fuente: http://www.kuhn.cl/pdf/Omniksol-2.5k_3k-TL2-S_EN_Kuhn.pdf