

**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“Diseño de un sistema auxiliar fotovoltaico para casa habitación.”**

Seminario de titulación  
presentado en conformidad a los requisitos  
para optar al Título de Ingeniero de  
Ejecución en Mecánica.

**PROFESOR GUÍA:**

**Sr. Reinaldo Sánchez.**

**Fabián Faúndez.**

**Pedro Sepúlveda.**

**CONCEPCIÓN – CHILE**

**2019**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Pedro Sepúlveda**

El presente seminario está dedicado a mis padres mi hermano, por el apoyo incondicional en este proceso que al fin culmina, también a toda mi familia y amistades. Es un logro más desbloqueado que se finaliza con una gran enseñanza y nuevos conocimientos que se adquirieron durante esta etapa que finalizan de la mejor forma.

### **Fabián Faúndez**

Quisiera dedicar este seminario de título a mis padres, Juan Carlos Faúndez Muñoz y Adriana del Carmen Vera Opazo, quienes siempre estuvieron brindándome su apoyo incondicional y comprensión durante toda esta etapa de mi formación profesional.

A mis hermanos, Fernando por ser un ejemplo de profesional y siempre apoyarme con sus buenos consejos haciéndome entender que todo se logra con esfuerzo y perseverancia, y a Carlos por estar siempre dándome una cuota de alegría y brindando todo el apoyo necesario cuando lo necesite.

A todos quienes pusieron un granito de arena para que esto se hiciera posible, en especial a una persona que estuvo conmigo hasta el final brindándome todo su apoyo, paciencia y tiempo para poder finalizar este proyecto.

Finalmente a nuestro profesor guía Don Reinaldo Sánchez quien nos guio con sus conocimientos y consejos para poder llevar a cabo de la mejor manera este proyecto.

## RESUMEN

El presente seminario tuvo como objetivo principal disminuir los costos en compra de energía eléctrica que consume el sistema de bombeo de agua para el sistema de riego, elevación de presión, recirculación del agua en la piscina y la alimentación de agua desde la puntera al estanque además de una cortadora de césped, para una cabaña en la región del Bío Bío en la comuna de Bulnes.

Para ello se realizó un estudio de factibilidad técnica y económica del suministro eléctrico por medio de ERNC, específicamente energía solar fotovoltaica.

El estudio consideró el dimensionamiento fotovoltaico para el suministro de energía necesaria para satisfacer la demanda de energía que consumen las bombas, para ello se eligió un panel fotovoltaico de la marca SUN-L modelo SMM-P250-60 que entrega una potencia nominal de 250 watts, luego se realizó el cálculo de paneles necesarios para cubrir la demanda energética que para nuestro caso era de 1950 watts en los horarios más críticos, el cálculo arrojó que se necesitaban 8 paneles para cubrir la demanda.

Una vez realizados los cálculos se pudo determinar que la casa conectada directamente a la red de distribución tenía un consumo anual de \$432.013, al analizar el sistema fotovoltaico On-Grid se determinó que este genera un ahorro anual de \$82.825 lo que significa una disminución del 19% en la compra de energía.

La inversión inicial del proyecto fue de \$2.697.951 la que luego de realizar el estudio económico se determinó que tenía un período de recuperación de 6 años.

Finalmente se determinó que el sistema es rentable para la casa habitación ubicada en la comuna de Bulnes específicamente en el sector de Libuy ya que disminuye de manera considerable el porcentaje de compra de energía y además por el bajo periodo de recuperación de la inversión.

## GLOSARIO

BT1:	Tarifas residenciales.
CA:	Corriente Alterna.
CC:	Corriente Continua.
ERNC:	Energía renovables no convencionales.
Gs:	Radiación Solar.
I:	Irradiación.
Is:	Intensidad de radiación solar.
Isc:	Corriente de cortocircuito.
kV:	Kilo voltio.
KWh:	Kilo watts hora.
Lat.:	Latitud.
MC3:	Sistema de conectores de 3 mm de diámetro.
MC4:	Sistema de conectores de 4 mm de diámetro con bloqueo.
NCh:	Norma Chilena.
Plg:	Pulgada.
RA:	Reconexión automática.
RI:	Red e instalación.
UGF:	Unidad de Generación Fotovoltaica.
VOC:	Tensión circuito abierto.
Watt/m2:	Unidad de medida de energía en base a metros cuadrados.

I. Contenido	
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	4
3. CAPÍTULO I: ENERGÍA SOLAR .....	5
3.1 Temario.....	5
3.2 Introducción a las Energías Renovables .....	5
3.3 Sol .....	7
3.4 Energía solar .....	8
3.5 Intensidad de radiación solar .....	9
3.6 Radiación solar (Gs).....	9
3.7 Radiación en la geografía terrestre.....	9
3.8 Movimiento terrestre .....	9
3.9 Posición relativa del sol con respecto a nuestra ubicación.....	12
3.10 Horas solares con respecto a nuestra ubicación. ....	14
4. CAPÍTULO II: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	15
4.1 Objetivos.....	15
4.2 Descripción de sistemas fotovoltaicos .....	15
5. CAPÍTULO III: LEY 20.571 O LEY DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	24
5.1 Temario.....	24
5.2 Función de la ley 20.571.....	24
5.3 Ley 20.571: Preguntas frecuentes .....	25
6. CAPÍTULO IV: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED.....	29
6.1 Generalidades .....	29
6.2 Especificaciones de elementos accesorios.....	30
6.3 Informe de inspección, ensayos y mediciones de terreno del generador. (Apéndice) .....	34
7. CAPÍTULO V: ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO. ....	38
7.1 Introducción .....	38
7.2 Antecedentes Generales. ....	38
7.3 Consumos de energía .....	40
8. CAPÍTULO VI: DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA ON GRID .....	48

8.1	Objetivo.....	48
8.2	Inversor On-Grid .....	48
8.3	Panel fotovoltaico .....	49
8.4	Número de paneles a utilizar .....	50
8.5	Configuración de Paneles.....	52
9.	CAPÍTULO VII: AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO EN EL ÁMBITO ECONÓMICO AL USAR ESTA ALTERNATIVA .....	53
9.1	Mejor elección del módulo fotovoltaico .....	53
9.2	Análisis de sensibilidad.....	53
9.3	Mejor elección del módulo fotovoltaico .....	54
9.4	Estudio de flujo mensual de generación de energía .....	54
9.5	Período de recuperación de la inversión .....	55
10.	CONCLUSIONES .....	56
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	57
12.	ANEXOS .....	59

ANEXO A:	DISEÑO Y EJECUCIÓN DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED.....	59
ANEXO B:	IMÁGENES DE PLACAS DE BOMBAS. ....	91
ANEXO C:	BOLETAS DE FACTURACIÓN Y CONSUMOS EMITIDAS POR EL PROVEEDOR.....	93
ANEXO D:	FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR. ....	95
ANEXO E:	FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO. ....	96
ANEXO F:	CÁLCULO DE PANELES. ....	97
ANEXO G:	COTIZACIÓN DE INSUMOS DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO COMERCIAL COSMOPLAS. ....	102
ANEXO H:	COTIZACIÓN DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EMPRESA RIO VALLE. ....	103
ANEXO I:	CUADRO DE ENERGÍA PRODUCIDA POR INSTALACIÓN Y AHORRO. ....	104
ANEXO J:	CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO.....	106

## TABLAS DE CONTENIDO: FIGURAS

Figura 1.1 Fenómenos Climáticos 1 .....	7
Figura 1.2 Irradiación Solar 1 .....	8
Figura 1.3 Movimiento terrestre. ....	10
Figura 1.4 Trayectoria aparente del sol para un observador en el hemisferio sur. ....	11
Figura 1.5 Grafico cartesiano .....	12
Figura. 1.6. Horas solares con respecto a nuestro a punto.....	14
Figura 2.1 Sistema fotovoltaico. ....	16
Figura 2.2. Sistema ON-GRiD.....	17
Figura 2.3 Paneles fotovoltaicos en conexión en serie. ....	18
Figura 2.4 Paneles fotovoltaicos en conexión en paralelo. ....	19
Figura 2.5 Paneles fotovoltaicos en conexión mixta. ....	20
Figura 2.6 Tipos de paneles fotovoltaicos .....	21
Figura 3.1 Ley de generación distribuida. ....	24
Figura 3.2 Diagrama esquemático sistema ON-Grid.....	25
Figura 3.3 Proceso de conexión ley 20.571. ....	28
Figura 4.1. Diagrama de conexión inversor-medidor bidireccional.....	33
Figura 6.1 Modelo de informe de ensayo del generador FV. ....	35
Figura 6.2. Modelo de informe de ensayo del generador FV. ....	36
Figura 6.3. Diagrama Unilineal.....	37
Figura 5.1. Ubicación geográfica casa habitación .....	39
Fig 5.2. Cuadro de diagrama de bloques con sus consumos horarios.....	44
Figura 6.1. Inversor Solis-1.5-2G .....	48
Figura 6.2 Ficha de datos de inversor Solis-1.5-2G.....	49
Figura 6.3 Panel fotovoltaico SUN-L SMM-P250-60.....	49
Figura 6.4. Ficha técnica Panel fotovoltaico SUN-L SMM-P250-60.....	50

## TABLA DE CONTENIDO: TABLAS

Tabla 5.1. Ubicación geográfica instalación de suministro eléctrico. ....	40
Tabla 5.2. Bomba puntera.....	40
Tabla 5.3. Bomba elevadora de presión. ....	40
Tabla 5.4. Bomba piscina.....	41
Tabla 5.5 Bomba regadío.....	41
Tabla 5.6. Datos de Carga Enchufe.....	41
Tabla 5.7. Cuadro de cargas.....	42
Tabla 5.8. Cuadro de unidad Facturación del proveedor. ....	42
Tabla 5.8. Cuadro de meses y consumo mensual .....	43
Tabla 5.9. Cuadro de unidad Operación de Cargas.....	45
Tabla 5.10. Cuadro de horario con el consumo de cargas.....	45
Tabla 5.11 Cuadro de unidad consumo mensual optimizado .....	46
Tabla 5.12. Consumo optimizado mensual .....	47
Tabla 6.1 Características técnicas del panel.....	51



## 1. INTRODUCCIÓN

La historia de la Energía Solar Fotovoltaica está marcada por el desarrollo tecnológico de una forma lenta pero segura. El efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés Alexandre Edmond Becquerel quien descubrió por primera vez el efecto fotovoltaico. Bequerel estaba experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino y se dio cuenta que al exponerla al sol subía la corriente. Este era el inicio de la energía solar fotovoltaica.

A partir de aquí, numerosos descubrimientos propios del sector han ido impulsando el desarrollo de esta tecnología hasta nuestros días. Actualmente, el horizonte de los combustibles convencionales, su escasez y problemas de uso, apoyado en una conciencia medioambiental creciente, ha provocado el despegue del aprovechamiento de esta tecnología, así como del resto de fuentes de energía renovables.

Actualmente uno de los problemas que se enfrenta nuestro país es la demanda energética, por el crecimiento de la población lo que ha llevado a la implementación de nuevos métodos de generación de energía. También uno de los problemas que se enfrenta en nuestro país son las condiciones geográficas ya sea a lo largo de todo el país, el tema del suministro eléctrico generalmente se ve afectado por diversos eventos como catástrofes, lo que genera interrupción en la red esto ha llevado a la investigación de nuevos métodos de generación de energía. El tema más relevante que enfrenta nuestro país es la extinción de caudales de agua, lo que ha llevado a la extracción de agua de napas subterráneas mediante sistema de bombeo, en condiciones geográficas de climas muy cálidos.

Esto es lo que hace tan atractivo el suministrar tales cargas con sistemas fotovoltaicos, puesto que en épocas donde se tiene mejor eficiencia para los sistemas fotovoltaicos es en verano, nuestro sistema se evaluará en las

condiciones climáticas para época de invierno y otoño, por lo que será el sistema idóneo para complementar al suministro de la red.

Este seminario está determinado en tres partes básicamente la primera teórica mencionada en los primeros capítulos (Capítulos 1 y 2) en donde se dan conceptos generales. La segunda parte en técnica se basa en normativas, mantención y diseños de varios sistemas de suministro eléctrico (Capítulos 3, 4, 5 y 6). Y, por último, una tercera parte, un capítulo de análisis económico (capítulo 7) el cual nos entrega la información necesaria para tomar conclusiones (capítulo 8).

El contenido de cada capítulo se desglosa de la siguiente manera:

- Capítulo 1: "ENERGÍA SOLAR". En este capítulo se introducen conceptos generales sobre la energía solar, se explica brevemente el concepto de ERNC, como entender el comportamiento de la posición del sol, entender el efecto de la orientación y ángulo en la captación de energía.
- Capítulo 2: "SISTEMAS FOTOVOLTAICOS". Se centra básicamente en explicar conceptos generales y componentes de un sistema fotovoltaico también hace hincapié en conceptos básicos de electricidad, como también entrega la información necesaria para llegar a la elección de un panel fotovoltaico.
- Capítulo 3: "LEY 20.571 O LEY DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA". Abarca el área legal en cuanto a la generación distribuida, se da a conocer la ley 20.571 como funciona, los procedimientos adecuados, describe el rol que juega la superintendencia de electricidad y combustibles respecto a esta ley, para finalizar con el proceso de inscripción de los sistemas fotovoltaicos.
- Capítulo 4: "DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED". Se enfoca en realizar en forma detallada cuales deben que ser las condiciones de cada componente en base a la ley 4/2003.

- Capítulo 5: "ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO". Hace un breve resumen de la comuna de Bulnes, su ubicación, y explica en qué consiste el presente proyecto. También en este capítulo se efectúan los cálculos necesarios para determinar la demanda del proyecto analizando el comportamiento de cada consumo.
- Capítulo 6: " DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA ON- GRID". Se explica el cálculo y diseño de la instalación fotovoltaica con aporte a la red, para alimentar los consumos ya analizados anteriormente.
- Capítulo 7: "AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO EN EL ÁMBITO ECONÓMICO AL USAR ESTA ALTERNATIVA". Abarca el área económica del proyecto, enfatiza un análisis usando factores económicos para determinar la rentabilidad de este proyecto.
- Capítulo 8: "COMENTARIOS Y CONCLUSIONES". Es el análisis de lo que se ha trabajado, se hacen comentarios y conclusiones.

## **2. OBJETIVOS**

La comuna de Bulnes se caracteriza por ser un sector turístico debido a las condiciones climáticas. La casa habitación se encuentra alejada a unos kilómetros de la comuna de Bulnes en un sector rural llamado Libuy, al ser un sector rural y de alta demanda turística el valor del kwh se ve afectado por su alto costo, debido al gran consumo de energía por parte de bombas de extracción de agua, bombas recirculadoras de agua para piscinas, regadío etc., además del elevado costo de mantención debido a incendios forestales, caída de árboles, etc. Esto lleva a implementar un sistema de generación de energía externo a la del suministro eléctrico para la casa habitación. Por las condiciones ya nombradas no se encuentra en este sector mucha agua, solo se encuentran napas subterráneas esto lleva a la implementación de sistema de bombeo ya sea para la extracción del agua de las napas y para realizar regadío, etc. Esto implica un elevado consumo de energía lo que ha generado la necesidad de implementar un sistema autosustentable (ON-GRID) como es el caso de las energías renovables no convencionales específicamente fotovoltaica.

Diseñar un sistema fotovoltaico para suministro eléctrico de casa habitación en la comuna de Bulnes.

El objetivo es disminuir el costo de compra de energía eléctrica, mediante un sistema autosustentable como es el caso de las energías renovables no convencionales fotovoltaicas, además de poder ver la amortización de la implementación de este sistema en el tiempo y poder evaluar su rentabilidad.

### **3. CAPÍTULO I: ENERGÍA SOLAR**

El término energía solar se refiere al aprovechamiento de la energía que proviene del Sol. Se trata de un tipo de energía renovable. La energía contenida en el Sol es tan abundante que se considera inagotable. El Sol lleva 5 mil millones de años emitiendo radiación solar y se calcula que todavía no ha llegado al 50% de su existencia.

La energía solar, además de ser inagotable es abundante: la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el planeta. La radiación recibida se distribuye de una forma más o menos uniforme sobre toda la superficie terrestre, lo que dificulta su aprovechamiento.

La energía solar, además de ser una fuente de energía renovable, es una energía limpia y supone una alternativa a otros tipos de energía no renovables como la energía fósil o la energía nuclear.

#### **3.1 Temario**

- a) Conceptos generales sobre energía solar.
- b) Entender el compartimiento de la posición del sol.
- c) Entender el efecto de la orientación y ángulo en la captación de energía.

#### **3.2 Introducción a las Energías Renovables**

Las fuentes de energías renovables siempre han sido aprovechadas por el hombre desde hace muchos años, hasta la llegada de la revolución industrial la cual trajo consigo la era del carbón quien se caracterizó por su gran poder energético y bajo costo, el cual comenzó a desplazar a las energías renovables de ese momento como eran la biomasa.

Un par de años después apareció el petróleo el cual se caracteriza por ser un combustible que tiene menores índices de contaminación en comparación al carbón y además un poder calorífico superior.

Ya en el siglo XX aparece el gas natural del cual se decía sería el combustible más limpio y con mayores reservas que los recursos anteriores, con el paso del tiempo se pudo dar cuenta de que esto no sería tan así y por lo tanto se suponía que debería venir una crisis, es en ese momento donde se empieza a dar hincapié en las energías renovables no convencionales.

Las energías renovables no convencionales surgen como una propuesta de una energía limpia y amigable con el medio ambiente, a pesar de tener también efectos negativos sobre el entorno, pero en menor grado que las energías convencionales, además de ser una fuente de energía inagotable a escala humana estas se ven beneficiadas más aun ya que nuestro país posee gran cantidad de vientos, radiación solar y grandes caudales de agua.

Estas energías son parte de la energía que aporta el sol hacia la tierra, ya que el sol es la fuente de energía de la tierra. Su energía se recibe en forma de radiación que retiene la atmosfera para lograr mantener una temperatura constante en la tierra y así posibilitar la vida en la tierra.

Con las energías renovables podemos obtener las dos formas de energía más utilizadas en la tierra, éstas son el calor y la electricidad.

#### **Ventajas de las ERNC:**

- Respetuosa con el medio ambiente
- Se pueden realizar instalaciones en zonas rurales y aisladas
- Posibilitan la auto sustentabilidad
- No generan residuos

- Desarrolla la industria y la económica de la región donde se instale

Dentro de las energías renovables, se pueden destacar algunas por su gran avance tecnológico las que pueden competir directamente con las que están en el mercado.

### Energías renovables:

- Biomasa
- Solar
- Hidráulica
- Eólica

### 3.3 Sol

Principal fuente de energía, desde él recibimos radiaciones sobre todo en forma de luz y calor, lo que permite la fotosíntesis en los vegetales produciendo sus alimentos los que luego serán usados por otros seres vivos, además es el encargado del efecto climático controlando distintos procesos. (Ver figura 1.1)

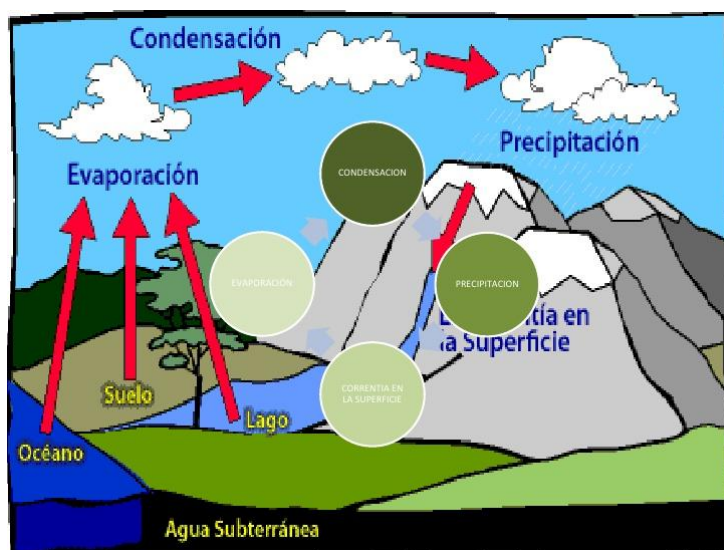


Figura 1.1 Fenómenos Climáticos 1

### 3.4 Energía solar

La energía solar es la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión; Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre. La energía solar que llega a nuestro planeta depende de una gran variedad de factores que determinan la irradiancia que finalmente incide sobre la superficie terrestre. Uno de los principales factores que repercute en la cantidad de energía recibida es la atmósfera, ya que ella actúa como un filtro al flujo energético incidente. (Ver figura 1.2)

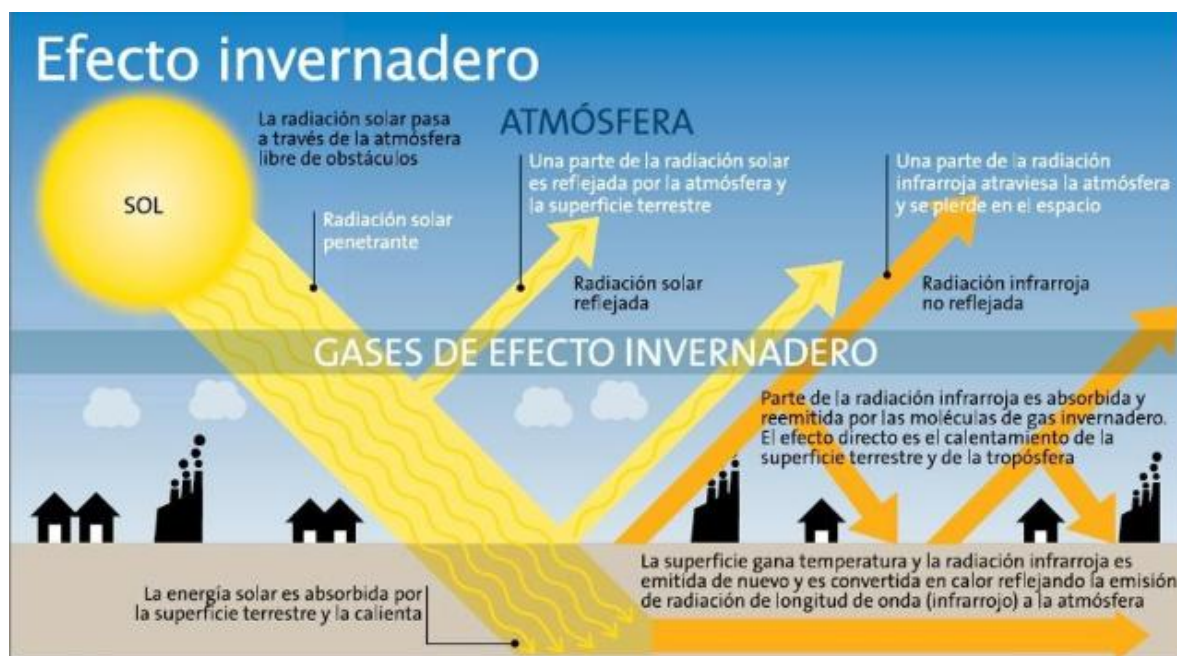


Figura 1.2 Irradiación Solar 1

La irradiación ( $I$ ) que llega al borde exterior de la atmósfera terrestre se llama constante solar y se describe como la intensidad de radiación solar en Watt/m<sup>2</sup>. Su valor es de:

$$I_0 = 1353 \left[ \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \right]$$



De esta energía entre un 11% y 30% es absorbida por las distintas capas de la atmósfera.

### 3.5 Intensidad de radiación solar

Es la potencia de radiación que llega a una superficie determinada. Esta se expresa en  $\left[\frac{Watt}{m^2}\right]$  y la designaremos con el símbolo (Is).

$$I_s = \left[\frac{Watt}{m^2}\right]$$

### 3.6 Radiación solar (Gs)

Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo. La radiación global es la suma de todos los valores de intensidad multiplicado por el tiempo. Por lo general se considera la radiación durante todo el día.

$$G_s = \frac{watt \times hora}{m^2}$$

### 3.7 Radiación en la geografía terrestre

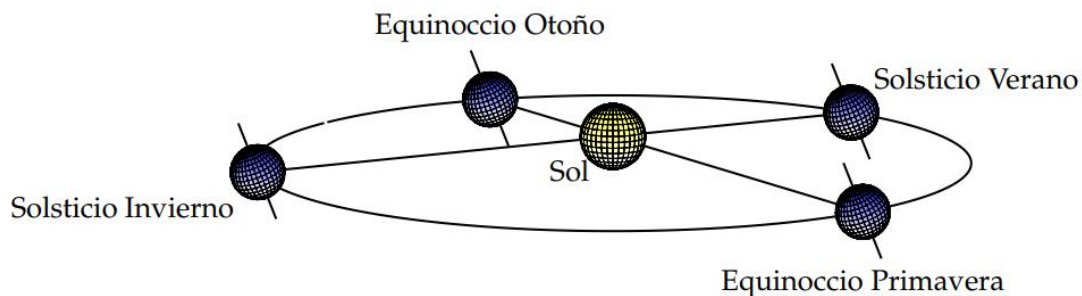
La energía solar que llega a la superficie terrestre depende de factores geográficos y a su vez varía durante el día y a través del año. El principal de estos factores es el movimiento terrestre.

### 3.8 Movimiento terrestre

- La Tierra gira sobre sí misma alrededor de su eje polar.  
Periodo aproximado: 24 horas.
- La Tierra se mueve alrededor del Sol siguiendo una elipse de baja excentricidad.  
Periodo aproximado: 1 año.

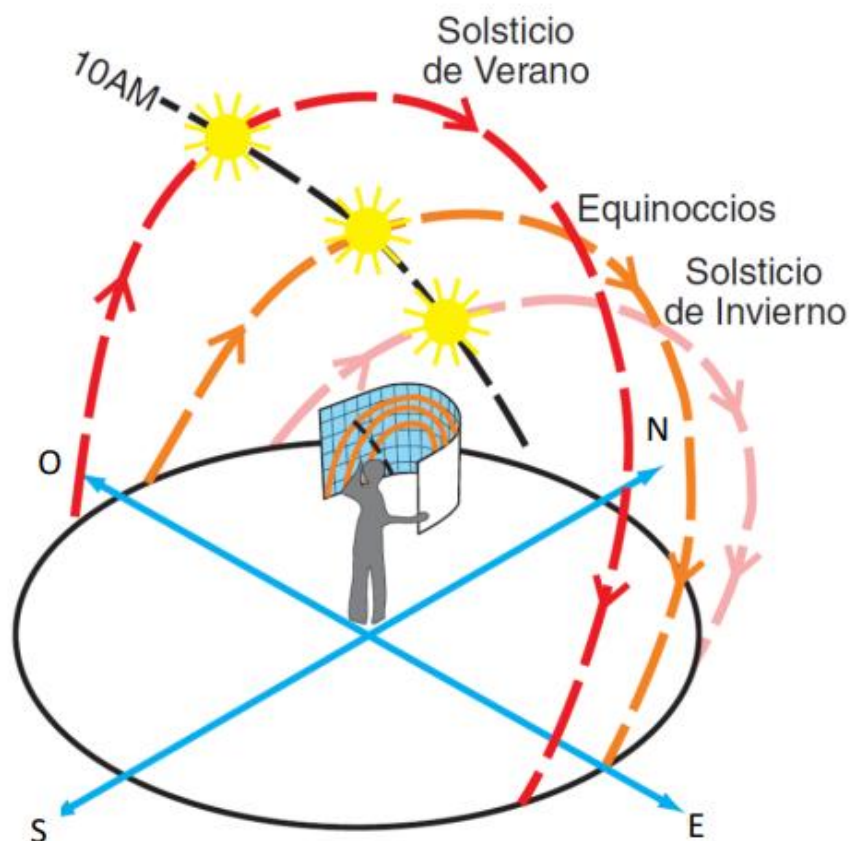
- Este movimiento está contenido en el llamado plano de la eclíptica.
- Entre el eje polar y el plano de la eclíptica hay un ángulo constante de  $23,45^\circ$ .
- Entre el plano ecuatorial y la línea que une la Tierra y el Sol hay un ángulo variable: declinación.

(Ver figura 1.3)



**Figura 1.3 Movimiento terrestre.**

Estos movimientos se traducen en diferentes recorridos del Sol en el día. Los puntos del horizonte por donde sale y se pone el Sol varían en el transcurso del año. En consecuencia, la altura del Sol a medio día y la energía solar que recibe el panel, varía durante los meses del año. El 21 de diciembre es el día más largo en el hemisferio sur. El Sol alcanza su máxima altura. El 21 de junio es el día más corto en el hemisferio sur, con la altura mínima del Sol (Ver figura 1.4).



**Figura 1.4 Trayectoria aparente del sol para un observador en el hemisferio sur.**

La trayectoria aparente del sol con respecto a un observador en un punto sobre la tierra, define las características de la radiación solar sobre este, durante el ciclo de un año. Puesto que el movimiento terrestre ha sido estudiado desde tiempos ancestrales y los estudios astronómicos han permitido precisar los movimientos de la tierra, este tema no se analiza en esta investigación, los movimientos de la tierra con respecto al sol son muy predecibles, y principalmente están compuestos por los movimientos siguientes:

- Rotación
- Traslación
- Nutación

- Bamboleo de Chandler

Para efecto práctico los dos primeros movimientos de la tierra son los más representativos.

La posición de un observador sobre la superficie terrestre se identifica por las coordenadas geográficas que son:

- Latitud (Lat.): La latitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Norte o Sur desde el ecuador y se expresa en medidas angulares que varían desde los 0° del Ecuador hasta los 90°N (+90°) del polo Norte o los 90°S (-90°) del polo Sur.
- Longitud: La longitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Este u Oeste desde el meridiano de referencia 0°, o meridiano de Greenwich, expresándose en medidas angulares comprendidas desde los 0° hasta 180°E (+180°) y 180°W (-180°). <sup>(8)</sup>

### 3.9 Posición relativa del sol con respecto a nuestra ubicación.

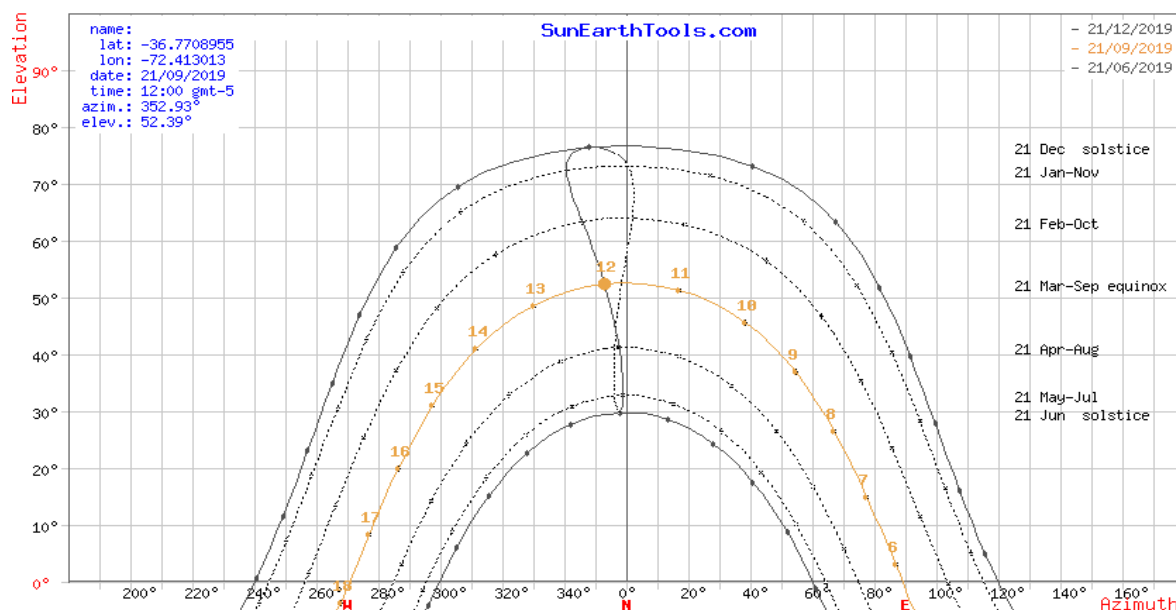


Figura 1.5 Grafico cartesiano

### 3.9.1 Solsticio.

Los solsticios (del latín *solstitium* (*sol sistere*), "Sol quieto") son los momentos del año en los que el Sol alcanza su mayor o menor altura aparente en el cielo, y la duración del día o de la noche son las máximas del año, respectivamente. Astronómicamente, los solsticios son los momentos en los que el Sol alcanza la máxima declinación norte ( $+23^{\circ} 27'$ ) o sur ( $-23^{\circ} 27'$ ) con respecto al ecuador terrestre. <sup>(4)</sup>

### 3.9.2 Equinoccio.

Los equinoccios (del latín *aequinoctium* (*aequus nocte*), "noche igual") son los momentos del año en los que el Sol está situado en el plano del ecuador celeste. Ese día y para un observador en el ecuador terrestre, el Sol alcanza el cenit (el punto más alto en el cielo con relación al observador, que se encuentra justo sobre su cabeza, vale decir, a  $90^{\circ}$ ). El paralelo de declinación del Sol y el ecuador celeste entonces coinciden. <sup>(4)</sup>

**3.10 Horas solares con respecto a nuestra ubicación.**

Fecha:	21/09/2019   GMT-5	
coordinar:	-36.7708955, -72.413013	
ubicación:	3930000 Bulnes, Ñuble, República de Chile, CHL	
hora	Elevación	Azimut
05:40:51	-0.833°	89.72°
6:00:00	3°	86.85°
7:00:00	14.91°	77.6°
8:00:00	26.37°	67.22°
9:00:00	36.88°	54.61°
10:00:00	45.64°	38.33°
11:00:00	51.3°	17.27°
12:00:00	52.39°	352.93°
13:00:00	48.55°	330.03°
14:00:00	40.95°	311.72°
15:00:00	31.07°	297.71°
16:00:00	19.95°	286.51°
17:00:00	8.2°	276.87°
17:45:16	-0.833°	270.04°

**Figura. 1.6. Horas solares con respecto a nuestra ubicación.**

## 4. CAPÍTULO II: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

### 4.1 Objetivos

- Conceptos básicos de los sistemas fotovoltaicos
- Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica para casa habitación

### 4.2 Descripción de sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es el encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica a través de sus componentes eléctricos, mecánicos y electrónicos, estos se basan en la capacidad que tenga la celda fotovoltaica para transformar la energía solar en energía eléctrica. En el sistema conectado directamente a la red mediante el uso de un inversor, la energía es transformada en corriente alterna para usarla directamente en los hogares.

#### Tipos de sistemas fotovoltaicos:

**Tabla 2.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos 1**

Tipos de sistemas fotovoltaicos	Usos de sistemas fotovoltaicos
<b>Autónomos</b>	Residenciales
<b>Aislados</b>	Comerciales
<b>Interactivos con la red eléctrica</b>	Urbanos
<b>Interconectados a la red eléctrica</b>	Generación masiva de energía

Hay diversas opciones para construir un sistema fotovoltaico, pero esencialmente estos son algunos componentes que deben estar presentes:

- Módulos Fotovoltaicos: Encargados de recepcionar la radiación solar diaria para transformarla en energía eléctrica.
- Regulador de carga: Protege y garantiza el óptimo funcionamiento de las baterías, evitando sobrecargas.

- Inversor: Encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna, para poder introducirla a la red eléctrica.
- Elementos de protección del circuito: interruptores de desconexión automática para bloqueo en caso de falla en el sistema, evitando descargas o sobrecarga de los equipos.
- Sistema de acumulación de energía: Encargado de almacenar la energía generada y no consumida.



**Figura 2.1 Sistema fotovoltaico.**

#### **4.2.1 Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica**

Este sistema se caracteriza por no tener un sistema de acumulación de energía, ya que solo se aprovecha en las horas que el sol está de manera visible, inyectando directamente lo producido a la red. Estas instalaciones cuentan con un sistema de seguimiento de la tensión eléctrica, para garantizar su correcto funcionamiento en lo que respecta a la entrega de energía al sistema, evitando situaciones peligrosas. Por otro lado, al no contar con sistema de acumulación de energía, lo que significa no usar baterías, genera que este sea un sistema de bajo costo de instalación aumentando su eficiencia de manera considerable



### Principales componentes del sistema ON-GRID:

- Módulo fotovoltaico: capta la radiación solar diaria
- Inversor: encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna, optimiza la producción de energía y decide el momento exacto para inyectar la energía al sistema.
- Elementos de protección del circuito: protegen el sistema en caso de descarga o sobrecarga.
- Contador de energía: cuenta la cantidad de energía producida por el sistema On-grid.



**Figura 2.2. Sistema ON-GRID.**

#### 4.2.2 Funcionamiento conceptual

Son instalaciones, que al menos en Chile, están pensadas para el autoconsumo.

- La energía eléctrica producida la consume el propio productor.
- Puede existir un excedente que se vierta a la red.

- El generador fotovoltaico inyecta directamente la energía generada a la red de la casa. Se ejemplariza en la figura 2.3.

### 4.2.3 Configuraciones eléctricas

#### a) Configuraciones en serie y paralelo

Dentro de las instalaciones fotovoltaicas hay elementos que demandan configuraciones específicas de voltaje y corriente. Es por esto que es necesario entender el concepto de serie y paralelo.

#### b) Conexión en serie

La conexión en serie se realiza en paneles solares con potencias entre los 200W y los 260W, compuestos por 60 células y para uso en instalaciones solares de 24V o 48V. Mediante la conexión en serie se conectan directamente las placas solares entre sí, conectando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel. A diferencia de la conexión en paralelo, se mantiene la intensidad y se suma el voltaje.

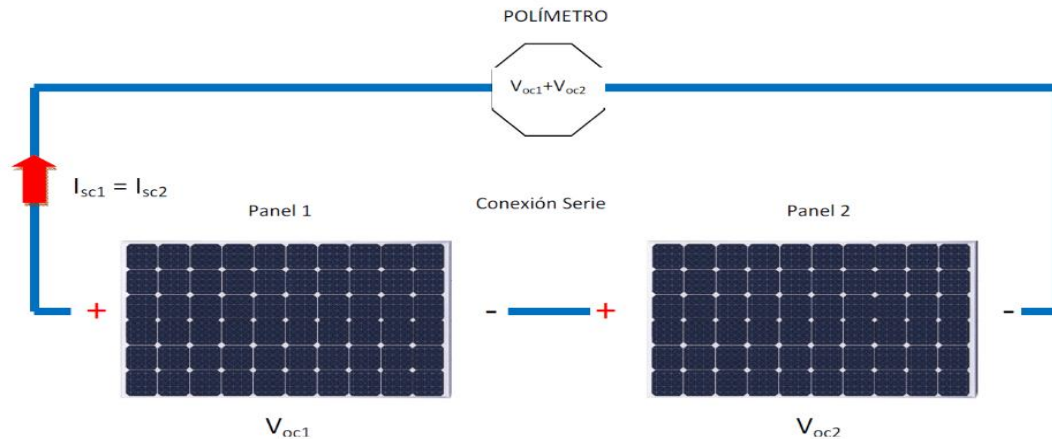


Figura 2.3 Paneles fotovoltaicos en conexión en serie.

### a) Conexión en paralelo

La conexión en paralelo se realiza conectando por un lado todos los polos positivos de las placas de la instalación solar, y por el otro, conectando todos los polos negativos. De esta forma, se mantiene el voltaje o tensión (voltios) de las placas solares mientras que se suma la intensidad (amperios).

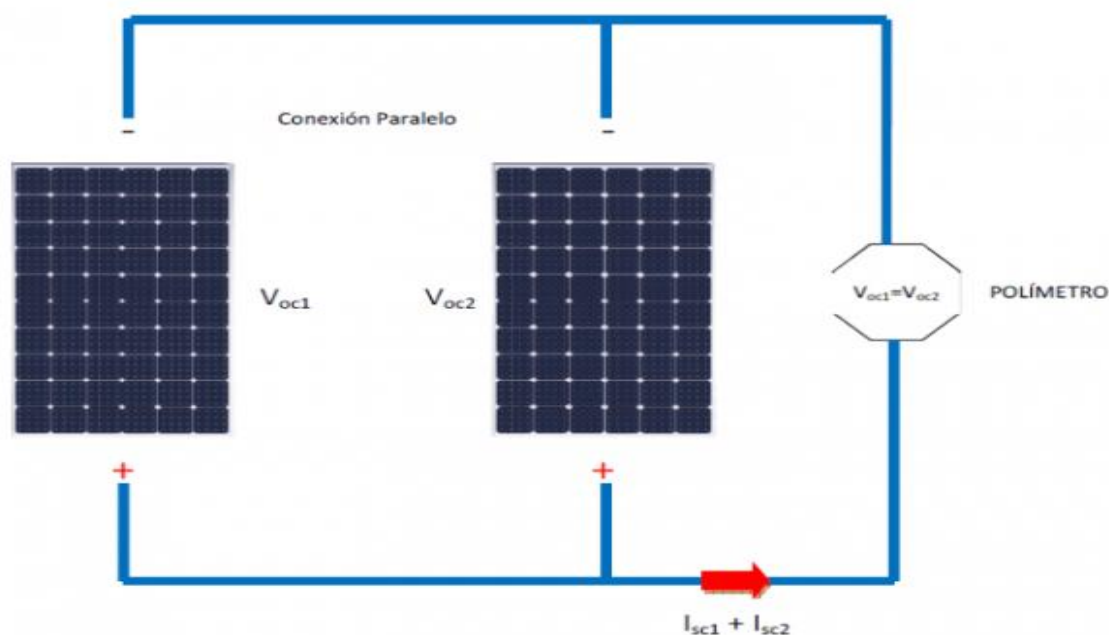
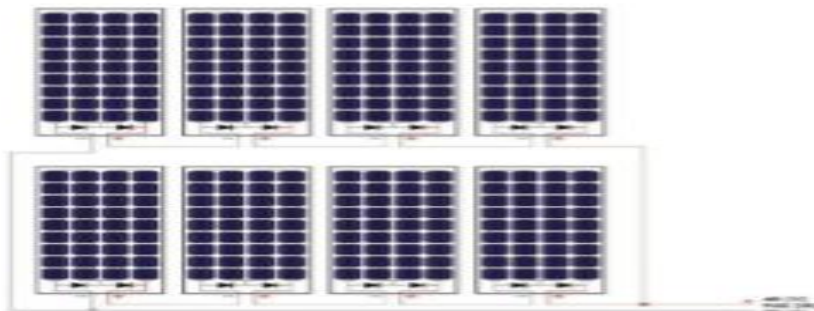


Figura 2.4 Paneles fotovoltaicos en conexión en paralelo.

### b) Conexión mixta

La conexión mixta en serie y paralelo se suele utilizar habitualmente en instalaciones solares donde se conecten 5 o más placas solares de 60 células y potencia superior a 200W, ya que permite obtener un voltaje no demasiado alto y a su vez, multiplicar el amperaje total de la instalación.



**Figura 2.5 Paneles fotovoltaicos en conexión mixta.**

#### **4.2.4 Celda fotovoltaica**

Las celdas fotovoltaicas son elementos que producen electricidad al incidir la luz sobre su superficie. La fuente de luz utilizada generalmente es el sol, considerando su costo marginal nulo.

##### **a) Paneles Monocristalinos**

Se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro. Numerosas fases de cristalización, para formar el monocristal. Se ejemplariza en la siguiente figura (figura 2.6).

Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí.

- Rendimiento en laboratorio: 24%
- Rendimiento directo: 15-18%

##### **b) Paneles Policristalinos**

Se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro, pero a diferencia del monocristalino se reducen las fases de cristalización. Por lo tanto, es más económica su fabricación.

La superficie está estructurada en cristales, y a simple vista se distinguen distintos tonos azules. Se ejemplariza en la siguiente figura (Ver figura 2.6).

- Rendimientos en laboratorio: 19-20%
- Rendimiento directo: 12-14%

### c) Paneles Amorfos

Son fabricados mediante la colocación de una fina capa de silicio amorfo (no cristalino), sobre una superficie como vidrio o plástico. Es el módulo más económico en su fabricación

Posee un color homogéneo, pero no existe conexión visible entre las células. Se ejemplariza en la siguiente figura. (Ver figura 2.6).

- Rendimiento en laboratorio: 16%
- Rendimiento directo: <10%



**Figura 2.6 Tipos de paneles fotovoltaicos**

#### **d) Principales características**

- Generan corriente continua cuando están expuestos a la luz.
- No se pueden encender o apagar.
- No tienen piezas móviles.
- No generan emisiones o ruidos.
- Solo funcionan de día.
- Proporcionan resistencia mecánica.
- Protección contra los agentes externos sobre las celdas fotovoltaicas.
- Aíslan eléctricamente las celdas fotovoltaicas.

#### **4.2.5 Elección del panel fotovoltaico**

Actualmente, los paneles son los equipos más robustos dentro de una instalación fotovoltaica. La elección de estos ya no depende ni de las marcas o países de procedencia. Nuestra recomendación es elegir el módulo panel fotovoltaico por:

- Precio
- Características constructivas
- Años de garantía

#### **4.2.6 Bancabilidad**

Actualmente, el mercado mundial de paneles se rige por las denominadas “Marcas Bancables”. Es un elemento clave para los fabricantes de paneles y guarda relación con la garantía que estos puedan entregar. Este concepto hace alusión a que los Bancos entregan financiamiento a proyectos realizados con determinadas marcas de paneles.

Principalmente lo que analizan los bancos es:

- Que la marca desarrolle productos de alta calidad.
- La estabilidad financiera de la marca.
- Factores de responsabilidad empresarial.
- Capacidad de las fábricas de producción.
- Cantidad de proyectos realizados.

## 5. CAPÍTULO III: LEY 20.571 O LEY DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

### 5.1 Temario

- Conocer cómo funciona la Ley 20.571.
- Responder a preguntas respecto a la Ley 20.571.
- Conocer el procedimiento adecuado para conectar los Sistemas Fotovoltaicos.
- Conocer el Rol de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles respecto a la Ley 20.571.
- Dar a conocer los riesgos asociados a las instalaciones fotovoltaicas.
- Conocer los Marco Legal, Referencial y Marco Técnico Normativo.
- Especificar Proceso de Inscripción de los sistemas fotovoltaicos mediante los formularios.
- Diseñar y ejecución, cumpliendo la normativa y las leyes asociadas.

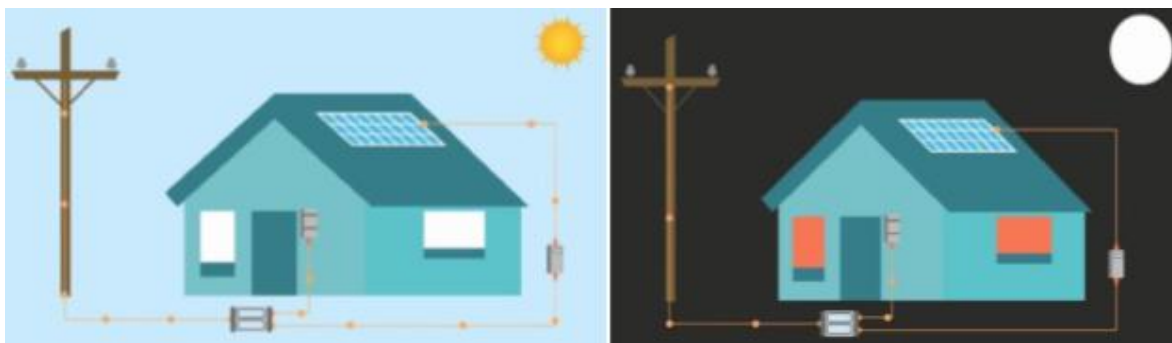
### 5.2 Función de la ley 20.571

Las siguientes figuras demuestran y explican la ley (Ver figura 3.1 y 3.2)



Figura 3.1 Ley de generación distribuida.





**Figura 3.2 Diagrama esquemático sistema ON-GRID.**

### **5.3 Ley 20.571: Preguntas frecuentes**

- ¿Cuál es el objetivo de la ley?

Otorgar a los clientes de las empresas distribuidoras el derecho generar su propia energía eléctrica, auto consumirla y vender sus excedentes energéticos a las empresas distribuidoras.

- ¿Cuándo entró en vigencia la Ley?

El 22 de octubre de 2014.

- ¿Con qué nombres se conoce esta ley?

Ley de Generación Distribuida, Ley de Facturación Neta, Ley de Net-Billing y Ley NetMetering.

- ¿Hay que cambiar el medidor?

Se requiere un medidor que registre los consumos y las inyecciones de energía.

- ¿Cómo se valoriza la energía que inyecto?

Al mismo precio que la energía consumida. En el caso de las tarifas residenciales (BT1), no se debe confundir el cargo por energía con el precio de la energía.

- ¿Cómo se paga por la energía inyectada?

Se descuenta de la cuenta de suministro eléctrico. Los remanentes se descuentan de las próximas boletas. Los remanentes que no haya podido ser descontados, son pagados al cliente por la empresa distribuidora.

- ¿Qué es el “Net – Metering”?

Significa medición neta. Se calcula restando la energía consumida con la energía inyectada, en kWh.

- ¿Qué es el “Net – Billing”?

Significa facturación neta. Se calcula restando la valorización de la energía consumida y las inyecciones, en \$.

Para todas las tarifas distintas a BT1, la valorización de la energía consumida e inyectada es la misma.

En tales casos: “Net – Metering” y “Net – Billing” son equivalentes.

- ¿Qué tipos de sistemas de generación eléctrica se pueden utilizar?

Se pueden utilizar sistemas basados en ERNC o de cogeneración eficiente, de hasta 100 [kW]. Por ejemplo, sistemas FV.

- ¿Puedo usar cualquier panel solar fotovoltaico?

No, sólo se pueden utilizar paneles solares autorizados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Lo mismo aplica para los inversores que se utilizan en los sistemas fotovoltaicos. Los equipos autorizados, que se encuentran en la página del SEC (Electricidad SEC > Energías Renovables No Convencionales > Ley de Generación Distribuida > Equipamiento Autorizado),

además, deben cumplir con otros requerimientos adicionales que exige la Norma Técnica (que se encuentra en la página del SEC, Electricidad SEC > Energías Renovables No Convencionales > Ley de Generación Distribuida > Norma Técnica e Instructivos SEC).

- ¿Puede la empresa distribuidora rechazar una solicitud de conexión?

No, pero puede pedir correcciones en caso de que exista algún error o el sistema no cumpla con los requisitos que exige la ley.

- ¿Se necesita contratar un especialista para llevar adelante el proceso de conexión?

Sí, la tramitación de la conexión debe ser a través de un instalador eléctrico autorizado.

- ¿Cuáles son los costos asociados a la conexión?

Costo de Tramitación y conexión.

Eventuales costos de obras adicionales en la red de distribución.

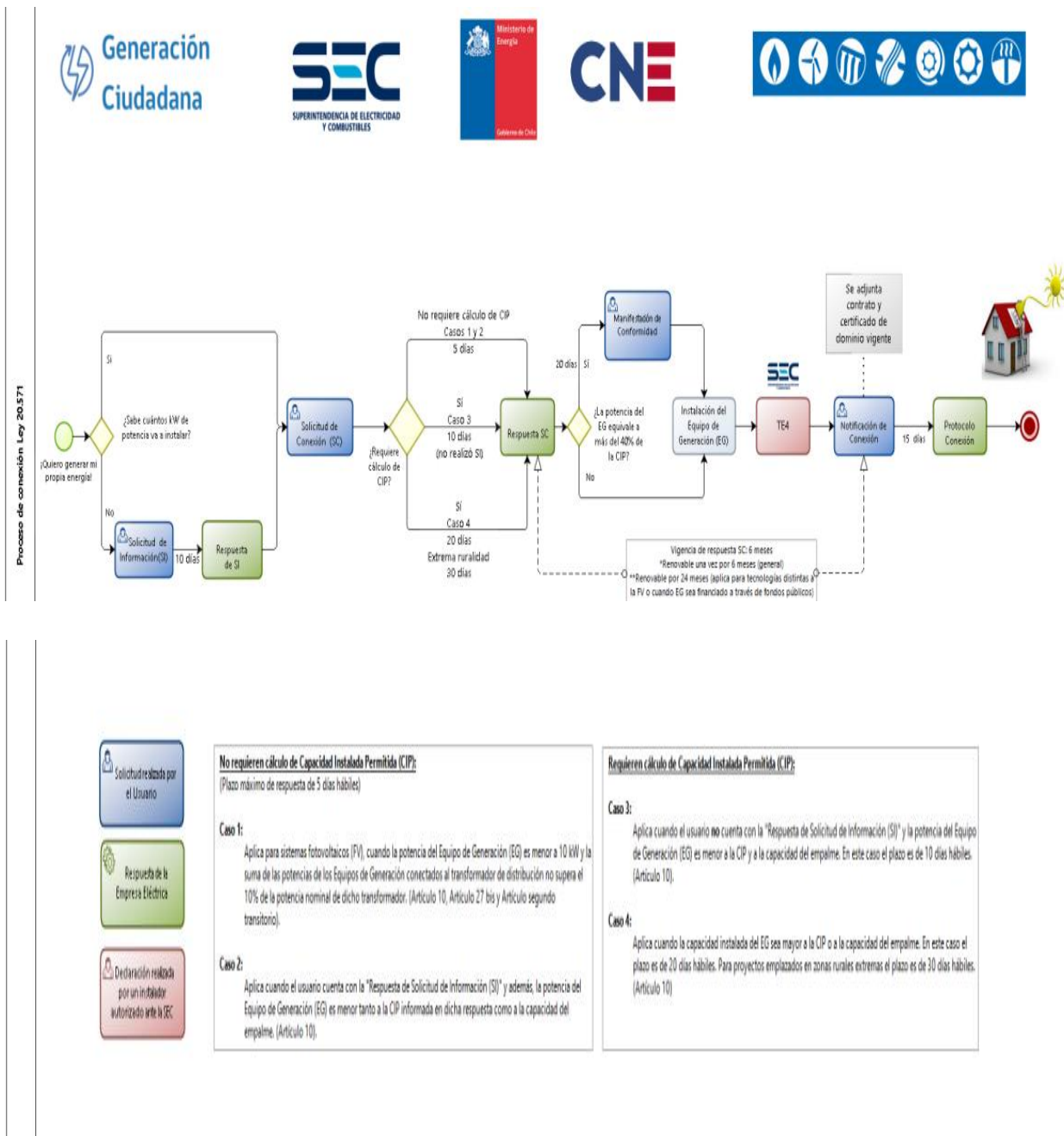
Procedimiento de conexión. (Ver figura 3.3)

- ¿Qué pasa con la tarifa BT1?

Todas las tarifas distintas a la BT1 pagan en función de los consumos de energía y potencia, principalmente.

En la tarifa BT1, parte del cargo por energía es lo que en otras tarifas se asocia al pago por potencia.

El pago por potencia está destinado principalmente a financiar la infraestructura para la distribución de energía y el pago por potencia demandada por la Dx.



Solicitud realizada por el Usuario	<p><b>No requieren cálculo de Capacidad Instalada Permitida (CIP):</b> (Plazo máximo de respuesta de 5 días hábiles)</p>	<p><b>Requieren cálculo de Capacidad Instalada Permitida (CIP):</b></p>
Respuesta de la Empresa Eléctrica	<p><b>Caso 1:</b> Aplica para sistemas fotovoltaicos (FV), cuando la potencia del Equipo de Generación (EG) es menor a 10 kW y la suma de las potencias de los Equipos de Generación conectados al transformador de distribución no supera el 10% de la potencia nominal de dicho transformador. (Artículo 10, Artículo 27 bis y Artículo segundo transitorio).</p>	<p><b>Caso 3:</b> Aplica cuando el usuario no cuenta con la "Respuesta de Solicitud de Información (SI)" y la potencia del Equipo de Generación (EG) es menor a la CIP y a la capacidad del empalme. En este caso el plazo es de 10 días hábiles. (Artículo 10).</p>
Declaración realizada por un instalador autorizado ante la SEC	<p><b>Caso 2:</b> Aplica cuando el usuario cuenta con la "Respuesta de Solicitud de Información (SI)" y además, la potencia del Equipo de Generación (EG) es menor tanto a la CIP informada en dicha respuesta como a la capacidad del empalme. (Artículo 10).</p>	<p><b>Caso 4:</b> Aplica cuando la capacidad instalada del EG sea mayor a la CIP o a la capacidad del empalme. En este caso el plazo es de 20 días hábiles. Para proyectos emplazados en zonas rurales extremas el plazo es de 30 días hábiles. (Artículo 10)</p>

Figura 3.3 Proceso de conexión ley 20.571.

## 6. CAPÍTULO IV: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED.

### 6.1 Generalidades

Acota los requerimientos que se deben observar para el diseño, ejecución, inspección y mantenimiento de las instalaciones eléctricas fotovoltaicas que se comunican a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para ser conectadas a la red de distribución, con el fin de entregar un servicio eficiente y de salvaguardar la seguridad de las personas que las operan o hacen uso de ellas, así como la integridad física y operacional de la red de distribución eléctrica.

#### 6.1.1 Alcance

Las disposiciones de esta Instrucción Técnica son aplicables al diseño, ejecución, inspección y mantenimiento de las instalaciones eléctricas fotovoltaicas conectadas a la red de distribución, cuya potencia máxima no sobrepase lo estipulado en la Ley N° 20.571.

#### 6.1.2 Referencias normativas

Los documentos normativos siguientes (Ver anexo A) contienen disposiciones que, a través de referencias en el texto de la instrucción técnica, constituyen requisitos.

- **NCh 2369.Of2003:** Norma Chilena de Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- **Norma técnica:** Norma técnica de conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión, emitida por la Comisión Nacional de Energía y Reconstrucción, sus modificaciones o disposición que lo reemplace.
- **NCh Elec. 4/2003:** Instalaciones de Consumo en Baja Tensión, declarada Norma Chilena Oficial de la República mediante Decreto Supremo N° 115, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, sus modificaciones o disposición que lo reemplace.

## 6.2 Especificaciones de elementos accesorios.

Además de los paneles fotovoltaicos, es necesario contar con algunos elementos adicionales para la generación solar, los cuales permiten el correcto funcionamiento del sistema, como son el inversor, el medidor de energía, los elementos destinados a proteger a las personas y a los elementos de la instalación, los cables y otros:

- **Inversor**

Dispositivo electrónico encargado de convertir la corriente continua que entregan los paneles, en corriente alterna. El inversor está diseñado para suministrar energía a la vivienda (y ajustar la magnitud y frecuencia del voltaje alterno que entrega) y para inyectar energía en la red pública. Para escoger el inversor se debe considerar la potencia máxima generada por el conjunto de paneles (como caso extremo, puede suponerse que la radiación fuera  $1000 \text{ W m}^2/$ , lo que es un supuesto ideal). Luego se escoge un panel comercial con una capacidad un 5 a 10% mayor, para tener un margen de error en caso de sobrecarga. Normalmente cuentan con una protección contra cortocircuito en la salida, y detectan caídas de voltaje a la entrada, desconectándolo cuando llegan a un valor crítico. El lugar de instalación del inversor idealmente debe ser fresco y seco, protegido contra polvo, vapores, radiación directa y lluvia, y tener buena accesibilidad para hacer mantención en caso de necesitarse.

Las marcas de inversores autorizadas por la SEC son: SMA, Fronius, Omnik New Energy, ABB, KACO, Enphase Energy, Growatt, Ginlong Technology, Schneider Electric, Renesola, Solarmax, Steca Elektronik, Zerversolar, Hauwei, Involar, Samil Power, LeadSolar, Ingeteam, Aros Solar Technology, Think Power, OPTI- Solar, Autarco, Voltronic Power, Goodwe, MAstervolt y Grintec.

- **Medidor bidireccional.**

Es el encargado de medir las energías consumida e inyectada a la red, mediante la integración de la potencia activa en periodos de tiempo de 15 minutos (como se usa en Chile), valores de energía que se van almacenando. Los medidores bidireccionales estáticos son los autorizados por la SEC para el cumplimiento de la ley 20.571, en los que la corriente y la tensión actúan sobre elementos electrónicos para obtener una salida de impulsos proporcional a la energía activa. Los medidores de última generación permiten leer tanto la energía inyectada como la consumida por separado (no sólo la resta entre ambas), con lo cual se puede realizar el cálculo del pago por energía sin problemas para la distribuidora, cuando el precio del kWh comprado a la distribuidora es diferente al precio del kWh vendido a ésta. Además, algunos tienen la capacidad de detectar fallas y entregar información a la empresa distribuidora. Las marcas autorizadas por la SEC son: Clou, Constan, Elster, EMH, IMC, Itron, Kamstrup, Ladis Gyr y Star.

- **Tablero de distribución TDA.**

Es el tablero donde se alojan las protecciones y dispositivos de maniobra para los circuitos de la instalación eléctrica; puede ser alimentado desde un tablero general o directamente desde el empalme, como ocurre generalmente en el caso de consumos domiciliarios. En el tablero de distribución se encuentran las principales protecciones, que son protecciones diferenciales y disyuntores monofásicos. La protección diferencial es un dispositivo electromagnético que sirve para proteger a las personas del contacto directo con partes activas de la instalación o indirecto (falla en el aislamiento) y el disyuntor monofásico (o interruptor automático) es el encargado de abrir el circuito cuando la corriente que circula por él sobrepasa un valor crítico, con la finalidad de evitar daños en los equipos eléctricos. Estas protecciones se pueden usar como protecciones generales (protegen toda la instalación) y también parciales, es decir que protegen cada uno de los “circuitos” o partes en que se subdivide la instalación; y también están las que protegen las

conexiones del generador FV con la instalación de la vivienda y con la red de distribución pública.

- **Conductores.**

Los conductores de sistemas fotovoltaicos están expuestos a fuertes cargas mecánicas, y condiciones ambientales, por encontrarse al aire libre, por lo que deben ser más resistentes que los usados en el común de las instalaciones eléctricas. Por esto se recomienda usar cables de tipo PV ZZ-F, que son diseñados para aplicaciones fotovoltaicas. Los cables PV ZZ-F son unipolares, con doble aislamiento, y pueden transportar corriente continua con una tensión de hasta 1800 V; ofrecen gran resistencia térmica y climática (contra rayos UV, frío y humedad), tienen una buena resistencia al fuego, y el material aislante que poseen también es de alta calidad. El conductor está estañado, ya que de esta forma tiene mayor resistencia contra la oxidación. Para el cálculo de la sección de conductores en corriente continua, se empleará la siguiente fórmula; que considera una caída de voltaje máxima aceptable de 3% del voltaje del generador fotovoltaico:

$$S \geq 2 \cdot L \cdot P / 0,03 \cdot V^2 \cdot \sigma$$

Dónde:  $S$  = sección transversal del conductor en  $m^2$

$L$  = largo del conductor

$P$  = máxima potencia suministrada por el generador FV  $W$

$V$  = voltaje del generador  $V$

$\sigma$  = conductividad eléctrica del cobre puro de  $5,8 \cdot 10^7 S/m$ , a una temperatura de  $20^\circ C$

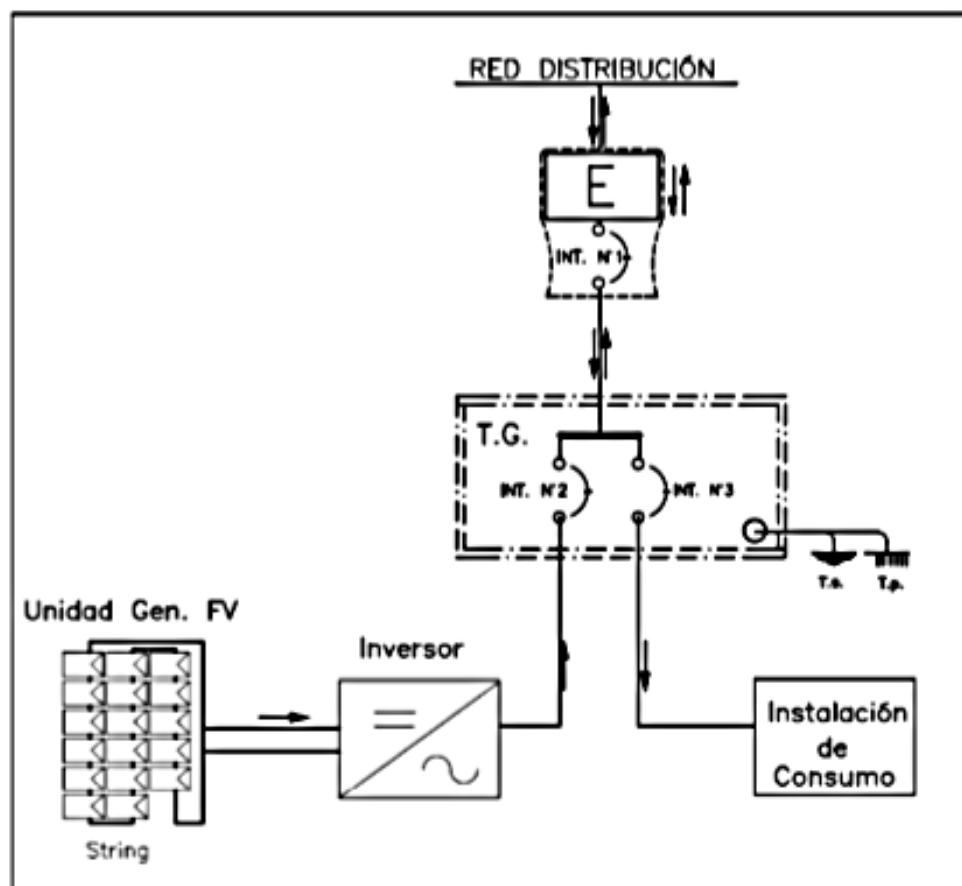
La sección obtenida con la ecuación se debe ajustar al valor normalizado (comercial) inmediatamente superior.

- **Conectores Fotovoltaicos**

Para instalaciones de este tipo habitualmente se usan conectores llamados MC3 y MC4, para el conexionado de los distintos dispositivos. Finalmente, según lo indica



la norma técnica, la conexión de los distintos implementos debe ser cómo se presenta en el diagrama de la Figura 4.1.



1. Figura 4.1. Diagrama de conexión inversor-medidor bidireccional.

- **Malla de tierra**

En instalaciones FV residenciales convencionales, donde los paneles se ubican sobre la techumbre, es suficiente la tierra de protección (y de servicio) que se emplea en la instalación eléctrica de la vivienda. Esta consiste en una barra de acero cubierta con cobre (“copperweld”) enterrada verticalmente en el terreno, donde se conectan las estructuras metálicas de los artefactos eléctricos y el neutro de la instalación. La barra usualmente tiene una longitud de 1,5 a 3 m (dependiendo de la resistividad del terreno, entre otras cosas) y de 5/8, 3/4 ó 1 plg de diámetro según la resistencia mecánica del terreno.

Los paneles fotovoltaicos generalmente se conectan con los terminales y cables positivo (+) y negativo (-) aislados de tierra, pero con todas las estructuras metálicas de los paneles y eventuales cubiertas metálicas de cables de C.C., conectadas a la puesta a tierra de la instalación. Esto es importante, pues con una instalación FV ubicada en una techumbre, hay mayor riesgo de incendios de origen eléctrico que se inician en dicha instalación, y que se pueden evitar con la puesta a tierra.

### **6.3 Informe de inspección, ensayos y mediciones de terreno del generador. (Apéndice)**

Informe de ensayos del generador (verificación Inicial).

- Medición empleada para verificar la continuidad de la estructura y partes metálicas de la unidad de generación, deberá indicar los puntos medidos y el instrumento utilizado.
- Mediciones de aislamiento.
- Ensayo de polaridad.
- Procedimiento de medición de puesta a tierra, se debe indicar el método y el instrumento utilizado

Para instalaciones fotovoltaicas deberá utilizarse el siguiente informe (figuras 6.1, 6.2 y 6.3)

**INFORME DE INSPECCIÓN.**

**APÉNDICE N°1.**

**MODELO DE INFORME DE ENSAYO DEL GENERADOR FV.**

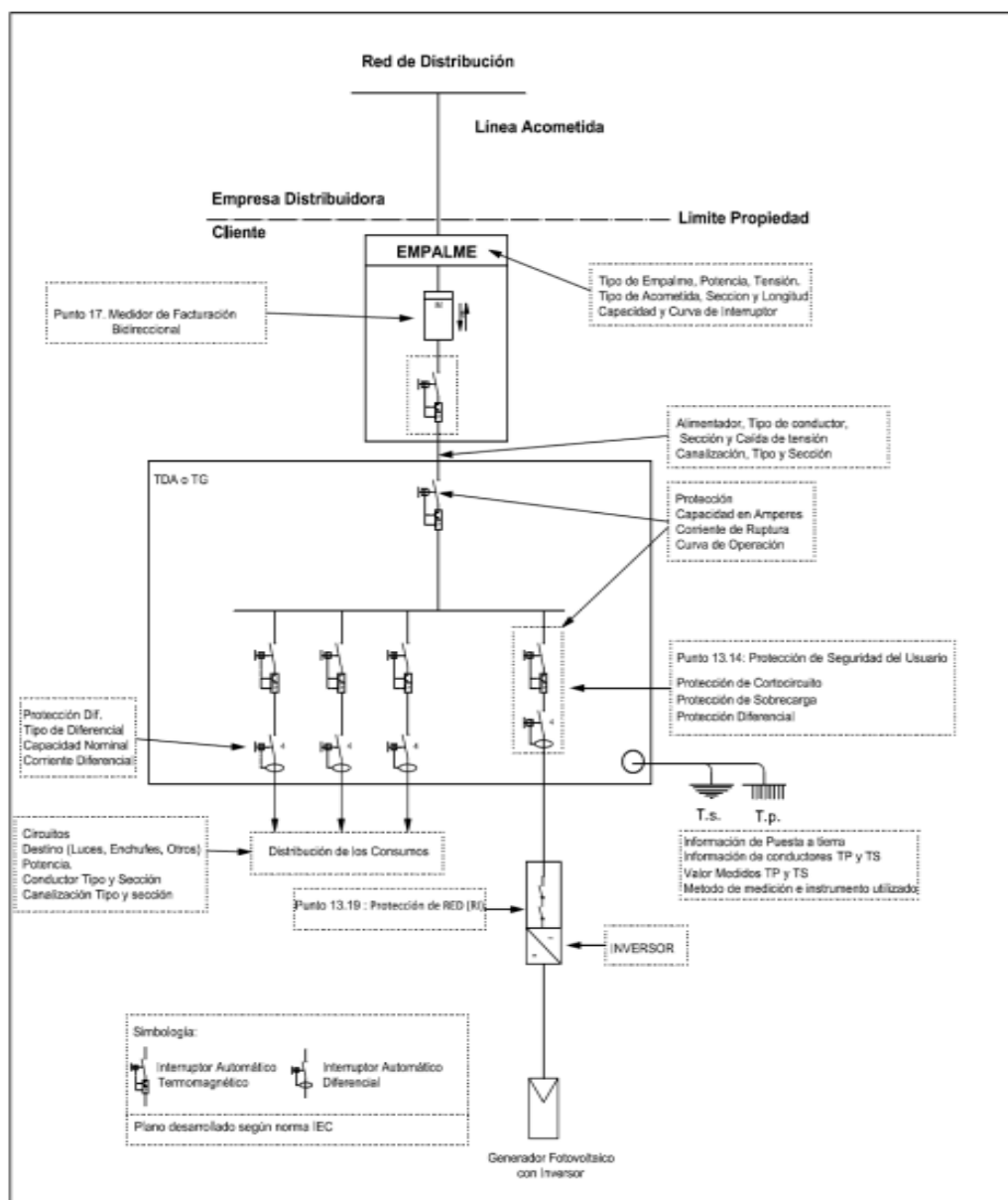
INFORME DE ENSAYOS DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO			VERIFICACIÓN INICIAL			
Dirección de Instalación		Referencia				
		Fecha				
Descripción de los trabajos bajo prueba		Instalador				
		N° Licencia				
		Instrumentación empleada				
N° de String		1	2	3	4	n
Generador	Modulo Tipo					
	Cantidad					
Parámetros del generador (Según este especificado)	Potencia (kW)					
	Voc (Stc)					
	Isc (stc)					
	Imax Inversa Modulo					
Dispositivo de protección de sobrecorriente de String (Aplicable a Inversores centrales)	Tipo					
	Valor (A)					
	Voltaje máx. CC (V)					
	Capacidad (kA)					
conductor lado CC	Tipo					
	Positivo (mm2)					
	Negativo (mm2)					
	Tierra (mm2)					
	Voltaje máx. CC (V)					
	Capacidad (A)					
Ensayo de polaridad						
Resistencia de aislamiento	Tensión Prueba (V)					
	Positivo - Tierra (MΩ)					
	Negativo - Tierra (MΩ)					
Continuidad de conductor tierra/estructura						
Seccionador funcionan correctamente (Aplicable a Inversores centrales)						

**Figura 6.1 Modelo de informe de ensayo del generador FV.**

Protecciones AC	Diferencial AC		Protección AC			
	Tipo		Marca			
	Corriente residual (mA)		Corriente nominal (A)			
	Corriente nominal (A)		Capacidad (KA)			
	Prueba de Test		Tipo (bipolar o tetrapolar)			
	Ubicación					
Inversor	Funciones		Ajustes		Tiempos	
AJUSTES PARA DESCONEXIÓN	Protección contra caídas de tensión $U <$		V	$0,80 U_n$	ms	$< 100$ ms
	Protección contra sobretensiones (media 10-minutos) $U >$		V	$1,10 U_n$	ms	$< 100$ ms
	Protección contra sobretensiones breves $U >>$		V	$1,15 U_n$	ms	$< 100$ ms
	Protección contra caída de la frecuencia $f <$		Hz	47,50 Hz	ms	$< 100$ ms
	Protección contra subidas de la frecuencia $f >$		Hz	51,50 Hz	ms	$< 100$ ms
AJUSTES PARA CONEXIÓN Y RECONEXIÓN	Rango		Ajustes		Tiempos	
	Limite inferior de tensión $U <$		V	$0,85 U_n$	s	$\geq 60$ s
	Limite Superior de tensión $U >$		V	$1,10 U_n$		
	Limite inferior frecuencia $f <$		Hz	47,50 Hz		
	Limite Superior frecuencia $f >$		Hz	50,20 Hz		
Tiempo de reconexión para interrupciones breves ( $< 3$ s)					$\geq 5$ s	
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UNIDAD DE GENERACIÓN	Potencia (KW-AC)					
	Voltaje CC					
	Corriente CC		SISTEMA DE PUESTA A TIERRA			
	Frecuencia (Hz)		Valor Tierra Protección	$\Omega$		
	Voltajes FASE 1 (V)		Valor Tierra Servicio			
	Voltajes FASE 2 (V)		Método de medición			
	Voltajes FASE 3 (V)		Instrumento Utilizado			
	Corrientes FASE 1(A)		Clase de precisión			
	Corrientes FASE 2(A)					
	Corrientes FASE 3(A)					

Figura 6.2. Modelo de informe de ensayo del generador FV.

**APÉNDICE N°2.**  
**DIAGRAMA UNILINEAL**



**Figura 6.3. Diagrama Unilineal.**

## **7. CAPÍTULO V: ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO.**

### **7.1 Introducción**

Uno de los aspectos fundamentales para la elaboración de un sistema de generación es la evaluación de la demanda existente. Con esto, es posible realizar un dimensionamiento adecuado para los distintos equipos a alimentar y así diseñar un sistema eficiente, confiable y óptimo.

Para la adecuada estimación de la demanda se cuenta con un cuadro de carga analizando el comportamiento de cada consumo, horas de uso, potencia consumida. Todo esto considerando el mes de máxima demanda de energía correspondiente al mes de enero.

### **7.2 Antecedentes Generales.**

#### **7.2.1 Descripción comuna de Bulnes**

Bulnes es una comuna y ciudad, ubicada en la provincia de Diguillín, perteneciente a la Región de Ñuble, en Chile. Su capital, al igual que de la provincia, es la ciudad de Bulnes. Se ubica a 25 km de Chillán, capital regional. Limita al norte con la comuna de Chillán Viejo, al sur con la comuna de Pemuco, al este con San Ignacio y al oeste con Quillón. Es popularmente conocida como La ciudad de Las Camelias.

La comuna de Bulnes abarca una superficie de 425,4 km<sup>2</sup> y una población de 21 493 habitantes según el censo de 2017 y una densidad de 50,52 habitantes/km<sup>2</sup>. De estos 10.382 eran hombres y 11.111 mujeres.

#### **7.2.2 Descripción del proyecto**

Este proyecto se basa en el análisis de un sistema fotovoltaico On-grid para la instalación existente de la vivienda, para el suministro del sistema de riego, bomba de puntera, bomba elevadora de presión, bomba de piscina y cortadora de pasto para la casa habitación ubicada en el sector de Libuy, comuna de Bulnes.

La instalación consta de 3 bombas, estas funcionan de manera alternada ya sea para el suministro de agua de la vivienda, como para regadío y recirculación del agua de la piscina.

También cuenta con una sala de máquinas la cual está equipada con iluminación interior, además de 2 enchufes para diferentes propósitos.

Dimensionamiento del proyecto:

- Un sistema fotovoltaico On-grid
- Un sistema de empalme monofásico que nos suministra la red, (Ya existente.)

Dimensionando el sistema ya existente de empalme monofásico versus el sistema fotovoltaico on-grid obtendremos los costos asociados a cada uno de ellos y mediante técnicas de comparación económica analizaremos si es rentable la instalación del sistema fotovoltaico.

Tendremos en cuenta además las ventajas y desventajas del sistema on-grid para analizar si su instalación es viable.

### 7.2.3 Ubicación geográfica del proyecto



**Figura 5.1. Ubicación geográfica casa habitación**

**Tabla 5.1. Ubicación geográfica instalación de suministro eléctrico.**

Ubicación	Libuy
Latitud	<b>-36,7710</b>
Longitud	<b>-72,4121</b>

### 7.3 Consumos de energía

#### 7.3.1 Cargas (Ver anexo B)

- 1) Datos de placa, bomba puntera.

**Tabla 5.2. Bomba puntera.**

MARCA	Pedrollo
TIPO	JSWm/2c
VOLTAJE	230
CONEXIÓN	Monofásica
POTENCIA	1HP/0.75 kW

- 2) Datos de placa, bomba elevadora de presión.

**Tabla 5.3. Bomba elevadora de presión.**

MARCA	Pedrollo
TIPO	PKm/60
VOLTAJE	230
CONEXIÓN	Monofásica
POTENCIA	0.5HP/0.37kW



3) Datos de placa, bomba piscina.

**Tabla 5.4. Bomba piscina.**

<b>MARCA</b>	<b>Vulcano</b>
<b>TIPO</b>	BAE 075
<b>VOLTAJE</b>	220
<b>CONEXIÓN</b>	Monofásica
<b>POTENCIA</b>	0.55 kW

4) Datos de placa, bomba regadío.

**Tabla 5.5 Bomba regadío.**

<b>MARCA</b>	<b>Pedrollo</b>
<b>TIPO</b>	JSWm2C
<b>VOLTAJE</b>	220
<b>CONEXIÓN</b>	Monofásica
<b>POTENCIA</b>	0.75 kW

5) Datos de carga enchufe. (Cortadora de césped)

**Tabla 5.6. Datos de Carga Enchufe.**

<b>MARCA</b>	<b>Bauker</b>
<b>TIPO</b>	DYM1115
<b>VOLTAJE</b>	220
<b>CONEXIÓN</b>	Monofásica
<b>POTENCIA</b>	1.4 kW

**7.3.2 Demanda de energía diaria en la siguiente tabla.**

**Tabla 5.7. Cuadro de cargas.**

Cargas.	Potencia.		Horas de funcionamiento.	Energía diaria requerida.
	[KW]	[W]	[Horas/Diarias]	[KWh/Diarios]
Bomba puntera	0.75	750	1	0.75
Bomba piscina	0.55	550	3	1.65
Bomba presión	0.37	370	4	1.48
Bomba regadía	0.75	750	3	2.25
Enchufe	1.4	1400	3	4.2
<b>Total</b>	<b>3.82</b>	<b>3820</b>	-----	<b>10.33</b>

**7.3.3 Facturación anual de la casa habitación.(Ver anexo C)**

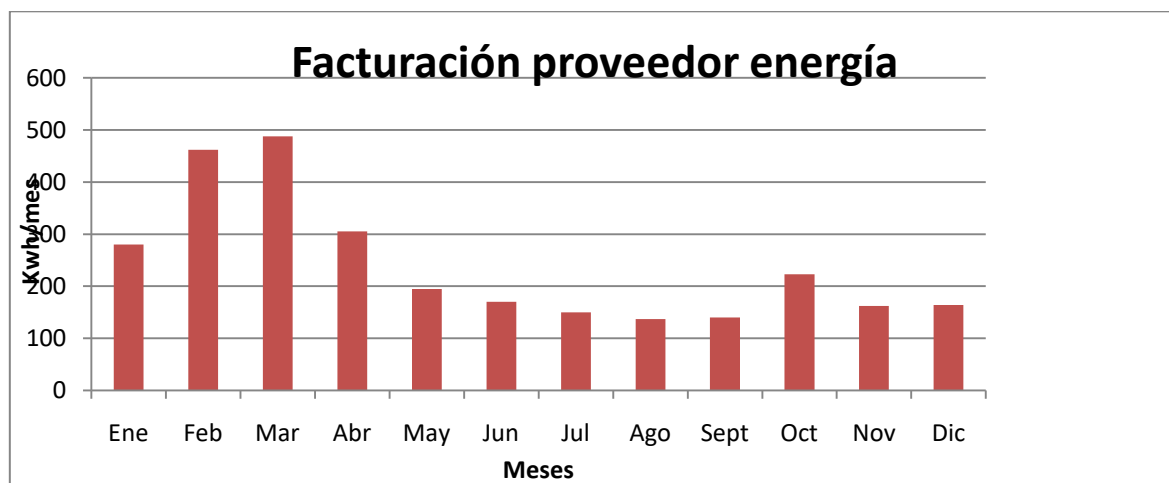
**Tabla 5.8. Cuadro de unidad Facturación del proveedor.**

Demanda Energía	Unidad
Período Mensual	<b>Kwh/mes</b>

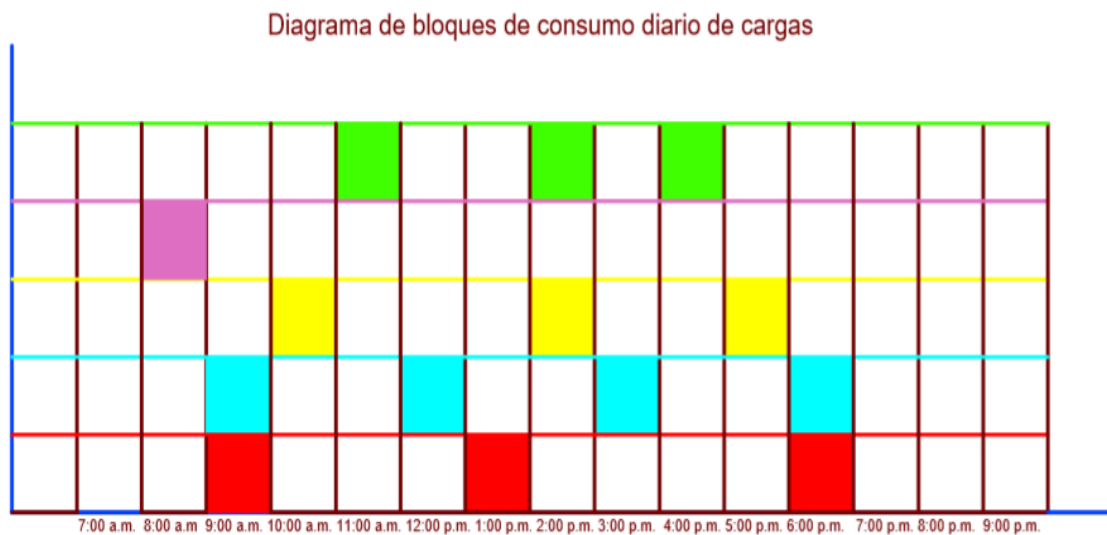
**Tabla 5.8. Cuadro de meses y consumo mensual**

Período	Consumo mensual Kwh
Ene	280
Feb	462
Mar	488
Abr	305
May	195
Jun	170
Jul	150
Ago	137
Sept	140
Oct	223
Nov	162
Dic	164
<b>Acumulados (Kwh/mes)</b>	<b>2876</b>






**Gráfico 5.1. Facturación con respecto a los meses de la tabla 5.8.**



### 7.3.4 Diagrama de bloques de demanda diaria a abastecer.



**Figura 5.2. Cuadro de diagrama de bloques con sus consumos horarios.**

CONSUMOS	
Bomba regadío 0.75 kw	
Bomba piscina 0.55 kw	
Bomba elevación de presión 0.37 kw	
Bomba puntera 0.75 kw	
Enchufe 1.4 kw	

La demanda mayor de consumo se observa en el diagrama de bloques que es a las 2:00 p.m. por el encuentro de horario de uso entre la carga de la bomba de la piscina y la carga del enchufe (cortadora de césped).

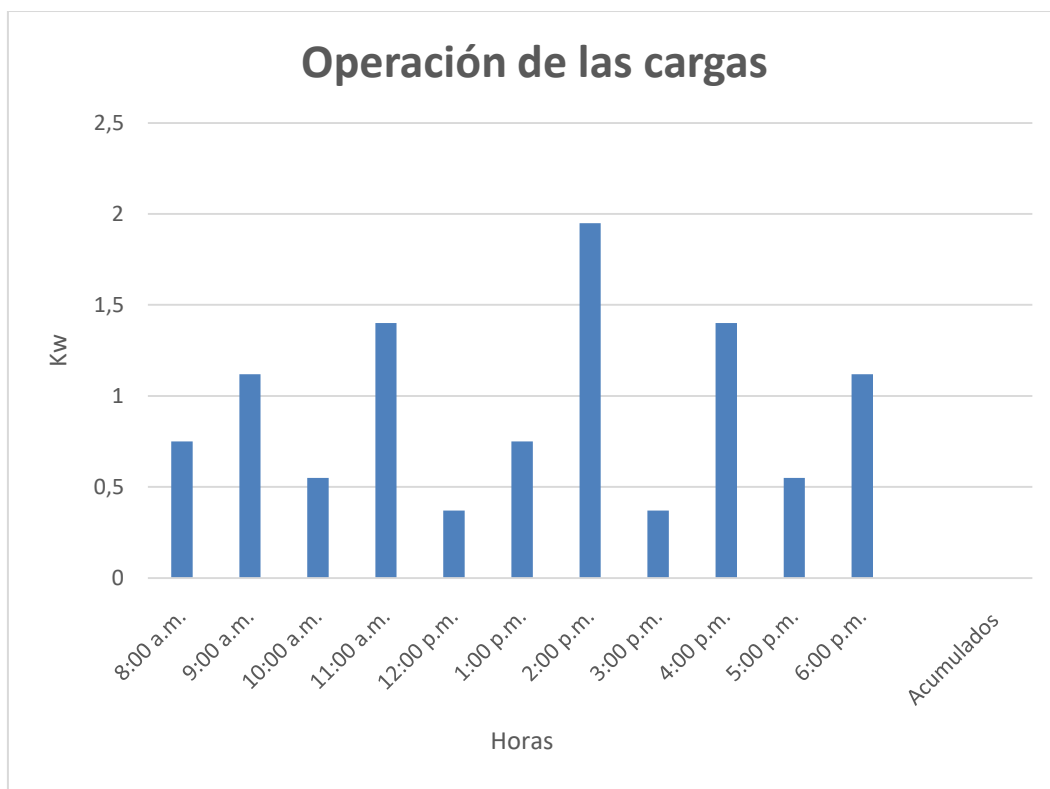
### 5.3.5 Mayor demanda de consumo en el día

**Tabla 5.9. Cuadro de unidad Operación de Cargas**

<b>Demanda Energía</b>	<b>Unidad</b>
Instantánea	<b>Kw</b>
Hora de uso	<b>Hora</b>
Diaria	<b>Kwh/día</b>

**Tabla 5.10. Cuadro de horario con el consumo de cargas**

<b>Horas</b>	<b>Consumo de cargas</b>	<b>Tiempo de uso (horas)</b>	<b>Kwh/día</b>
<b>8:00 a.m.</b>	0.75	1	0.75
<b>9:00 a.m.</b>	1.12	1	1.12
<b>10:00 a.m.</b>	0.55	1	0.55
<b>11:00 a.m.</b>	1.4	1	1.4
<b>12:00 p.m.</b>	0.37	1	0.37
<b>1:00 p.m.</b>	0.75	1	0.75
<b>2:00 p.m.</b>	1.95	1	1.95
<b>3:00 p.m.</b>	0.37	1	0.37
<b>4:00 p.m.</b>	1.4	1	1.4
<b>5:00 p.m.</b>	0.55	1	0.55
<b>6:00 p.m.</b>	1.12	1	1.12
<b>Acumulados</b>		<b>kwh/día</b>	<b>10.33</b>



**Gráfico 2. Consumo de cargas horario.**

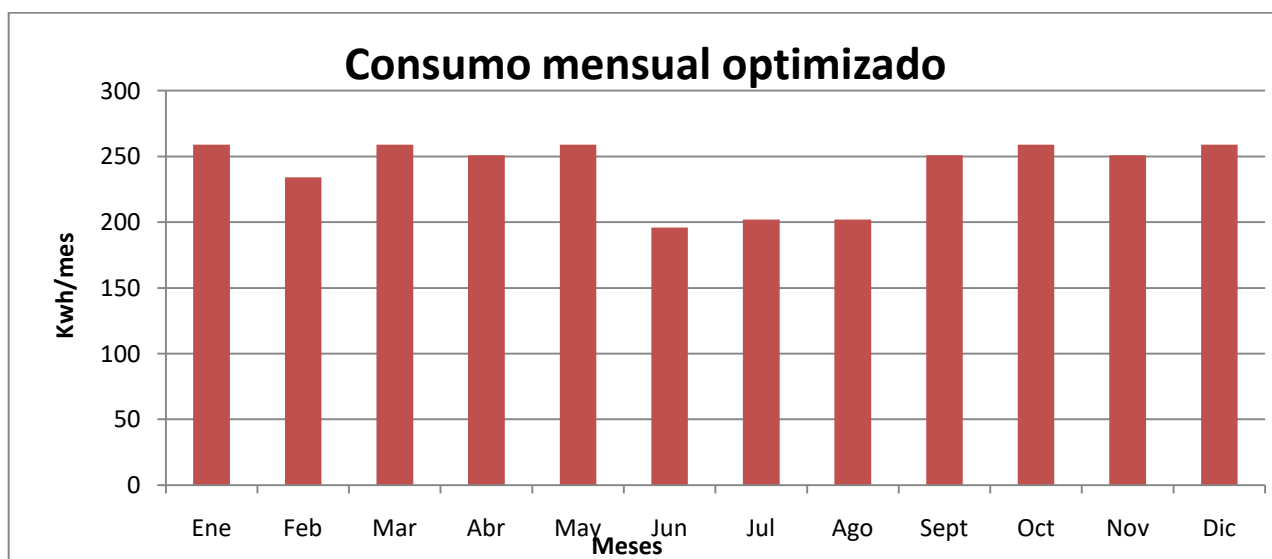
### 5.3.6 Consumo mensual optimizado

**Tabla 5.11 Cuadro de unidad consumo mensual optimizado**

Demanda Energía	Unidad
Diaria	Kwh/día
Mensual	Kwh/mes
Anual	Kwh/año

**Tabla 5.12. Consumo optimizado mensual**

Meses del año	N° de días	kwh	kwh/mes
Ene	31	10,33	259
Feb	28	10,33	234
Mar	31	10,33	259
Abr	30	10,33	251
May	31	10,33	259
Jun	30	8,08	196
Jul	31	8,08	202
Ago	31	8,08	202
Sept	30	10,33	251
Oct	31	10,33	259
Nov	30	10,33	251
Dic	31	10,33	259
<b>Acumulados</b>		<b>Kwh/año</b>	<b>2882</b>



**Gráfico 3 Consumo mensual optimizado.**

## 8. CAPÍTULO VI: DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA ON GRID

### 8.1 Objetivo

Cálculo y diseño de la instalación fotovoltaica con apoyo del suministro de red para alimentar los consumos ya descritos.

### 8.2 Inversor On-Grid

Utilizaremos un inversor On-Grid de la marca Solis (Ver anexo D), el distribuidor de esta marca en Chile es Cosmoplas y también su servicio técnico. El modelo que más se ajusta a nuestros requerimientos es el inversor Solis-1.5-2G, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 6.1. Inversor Solis-1.5-2G



Modelo	Solis-1.5K-2G
<b>Entrada (CC)</b>	
Máx. Potencia de entrada	1.8kW
Máx. Voltaje de entrada	500V
Voltaje de inicio	120V
Rango de voltaje MPPT	100-400V
Máx. Corriente de entrada	10A
Núm. MPPT / Máx. Núm. de strings	1/1
<b>Salida (CA)</b>	
Potencia Nominal de salida	1.5kW
Máx. Potencia de salida	1.7kW
Voltaje nominal de la red	230V
Rango de voltaje de la red	180~280V(ajustable)
Frecuencia nominal de la red	50/60Hz
Núm. de fases operativas	Monofásico
Máx. Corriente de salida	8.1A
Factor de potencia	>0.99
Distorsión armónica total (THDi)	<3%
Inyección de corriente CC	<20mA
Rango de frecuencia de la red	47-52Hz or 57-62Hz(ajustable)

**Figura 6.2 Ficha de datos de inversor Solis-1.5-2G.**

### 8.3 Panel fotovoltaico

El panel seleccionado para el proyecto es de la marca SUN-L modelo SMM-P250-60 (Ver anexo E), el distribuidor de esta marca en Chile es Cosmoplas y también ofrece su servicio técnico. A continuación se muestra la figura del panel.



**Figura 6.3 Panel fotovoltaico SUN-L SMM-P250-60.**

#### 8.4 Número de paneles a utilizar

Teniendo en cuenta el consumo que se tiene en los registros ( Ver anexo F), y las gráficas de generación con las características de los paneles, el número de paneles a utilizar para este proyecto son 8, además el principal objetivo es el de ahorrar energía y evitar consumir energía del suministro eléctrico.

ESPECIFICACIONES	
Modelo	<b>SNM-P250-60</b>
Potencia Nominal	250W <sub>p</sub>
Tensión en el punto P <sub>máx</sub> - VMPP	30.9V
Corriente en el punto P <sub>máx</sub> - IMPP	8.09A
Tensión en circuito abierto - VOC	37.68V
Corriente de cortocircuito - ISC	8.89A
Eficiencia del módulo	15.4%
Temperatura de funcionamiento	-40°C ~ +85°C
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)
Valores máximos recomendados de los fusibles	15A
Coefficiente de temperatura de P <sub>MAX</sub>	-0.47%
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.389%
Coefficiente de temperatura de ISC	0.057%
Temperatura operacional nominal de célula	47 ± 2°C

**Figura 6.4. Ficha técnica Panel fotovoltaico SUN-L SMM-P250-60.**

## CÁLCULO DE PANELES

**Tabla 6.1 Características técnicas del panel.**

Panel FV	SUN-L	
Modelo	<b>SNM-P250-60</b>	
Voc=	<b>37.68</b>	<b>Volt</b>
Isc=	<b>8.89</b>	<b>A</b>
Vmáx=	<b>30.9</b>	<b>Volts</b>
Imáx=	<b>8.09</b>	<b>A</b>
Potencia panel	<b>250</b>	<b>W</b>
Área panel	<b>1.63</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Costo EE	<b>125</b>	<b>\$/kW h</b>

$$\text{N}^\circ \text{ de paneles} = \frac{\text{Demanda máxima horaria}}{\text{Potencia panel}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de paneles} = \frac{1950 \text{ W}}{250 \text{ W}} = 7.8 \approx 8 \text{ Paneles}$$

## 8.5 Configuración de Paneles

Debemos tener en cuenta la configuración de los paneles para poder ajustarnos a las características de operación del inversor escogido. En este caso voltaje, potencia, y corriente máxima.

- **Potencia máxima = Potencia panel \* Cantidad de paneles**

$$\text{Potencia máxima} = 250 * 8 = 2000 \text{ (W)}$$

- **Voltaje máximo = Voltaje max\* Paneles en serie**

$$\text{Voltaje máximo} = 30.9 * 8 = 247.2 \text{ (V)}$$

- **Corriente máxima = Corriente imp \* Paneles**

$$\text{Corriente máxima} = 8.09 * 8 = 64.72 \text{ (A)}$$

## 9. CAPÍTULO VII: AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO EN EL ÁMBITO ECONÓMICO AL USAR ESTA ALTERNATIVA

### 9.1 Mejor elección del módulo fotovoltaico

Los paneles policristalinos para generar energía se encuentran por sobre los monocristalinos, debido a que sus costos son menores, y la eficiencia de ambos tipos es parecida. Sin embargo, se debe considerar que el costo de los paneles es una variable muy volátil, que depende de las eventuales ofertas que existan en el mercado y se podría dar que exista una oferta temporal en que los paneles monocristalinos resulten más económicos que los policristalinos y entonces, el proyecto con paneles monocristalinos sea más rentable.

### 9.2 Análisis de sensibilidad

La evaluación económica para la instalación en la ciudad de Bulnes, utilizando paneles policristalinos considera el precio de venta del kWh para el usuario, ya que el precio al que se compra el kWh no es el mismo al que se inyecta o se vende energía a la red.

Cálculo de paneles		
Panel FV	SUN-L	
Modelo	SNM-P250-60	
N° Paneles	8	
Vov=	37.68	Volt
Isc=	8.89	A
Vmáx=	30.9	Volts
Imáx=	8.09	A
Potencia panel	250	W
Área panel	1.63	m <sup>2</sup>
Costo EE	125	\$/kW h
Valor de inyección de energía	68,61	\$/kW h

	Días/mes	Radiación superf inclinada kW h/ m <sup>2</sup> día	Hora solar equiv	Energía producida por panel	Energía producida por instalación	Energía producida por instalación	Consumo mensual de la casa habitación	excedente mensual	Ahorro mensual	Venta mensual con respecto al valor de inyección de energía
			Hse	W h/día	W h/día	kW h/mes	kW h/mes	kW h/mes	\$/mes	\$/mes
Enero	31	7,45	7,45	1862,5	14900	461,9	280	181,9	\$35.000	12.480
Febrero	28	7,09	7,09	1772,5	14180	397,04	462	-65,0	\$57.750	-
Marzo	31	6,32	6,32	1580	12640	391,84	488	-96,2	\$61.000	-
Abril	30	5,12	5,12	1280	10240	307,2	305	2,2	\$38.125	151
Mayo	31	3,79	3,79	947,5	7580	234,98	195	40,0	\$24.375	2.743
Junio	30	3,34	3,34	835	6680	200,4	170	30,4	\$21.250	2.086
Julio	31	3,7	3,7	925	7400	229,4	150	79,4	\$18.750	5.448
Agosto	31	4,35	4,35	1087,5	8700	269,7	137	132,7	\$17.125	9.104
Septiembre	30	5,53	5,53	1382,5	11060	331,8	140	191,8	\$17.500	13.159
Octubre	31	6,2	6,2	1550	12400	384,4	223	161,4	\$27.875	11.074
Noviembre	30	6,97	6,97	1742,5	13940	418,2	162	256,2	\$20.250	17.578
Diciembre	31	7,36	7,36	1840	14720	456,32	164	292,3	\$20.500	20.056
								TOTAL	359.500	93.878

Se ve un importante ingreso por ventas de energía en los meses de año, lo que se traduce en un fuerte impacto en la rentabilidad del proyecto, donde el VAN es de \$380.044 y sí se tiene un periodo de retorno de 6 años de la inversión inicial, lo que resulta más atractivo para los interesados en las ERNC.

### 9.3 Mejor elección del módulo fotovoltaico

El precio de los paneles es una de las variables más críticas al momento de evaluar un proyecto solar, ya que equivale a un 40% del total de la inversión o más aún,(Ver anexo G) por lo que una disminución en su precio puede impactar de manera importante en la evaluación económica.

### 9.4 Estudio de flujo mensual de generación de energía

Esta evaluación se realiza en base al ahorro mensual que se genera por la energía producida por el sistema fotovoltaico y también se incorpora la venta mensual respecto del valor de inyección de energía determinado por la compañía.

### **9.5 Período de recuperación de la inversión**

El periodo de recuperación de la inversión es una de las evaluaciones más relevantes de este proyecto ya que se ve reflejado en el tiempo en cuanto se recupera la inversión inicial (Ver anexo G y H) pero antes se tiene que realizar todo un estudio previo (ver Anexo F y AI). En nuestro caso el periodo de recuperación de la inversión es de 6 años.

## **10. CONCLUSIONES**

Con el estudio realizado pudimos darnos cuenta que el proyecto es totalmente rentable para la casa habitación ubicada en la comuna de Bulnes específicamente en la zona de Libuy.

Esto se ve reflejado por los cálculos realizados, en el caso de la casa habitación cuando estaba conectada a la red de distribución tenía un consumo anual en dinero de \$432.013, luego de analizar el sistema fotovoltaico On-Grid pudimos ver que este genera un ahorro anual de \$82.825, lo que significaría un ahorro anual del 19% del valor total del consumo de la casa conectada a la red de distribución.

Este caso fue analizado en un período crítico de la casa ya que durante el año 2018 se produjeron excesos de consumo de energía provocados por fallas en el accionamiento de la bomba de puntera y regadío debido al mal estado de una válvula que permite el paso de agua.

La amortización del proyecto luego de realizar los cálculos del VAN y del PRI (Período de recuperación de la inversión), nos demuestra una recuperación de la inversión en un período de 6 años (Ver anexo J), lo que genera que sea un proyecto factible y además promueve las instalaciones de ERNC.



## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Manual de Energía Solar. Parte IV. Fotovoltaica. Reinaldo Sanchez Arriagada. 2018.

### Páginas web consultadas

1. <https://www.accionacom.es/energias-renovables/energia-solar/> - Información sobre Energía Solar.
2. <http://www.aprendeconenergia.cl/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-solar/> - Ventajas y desventajas de la Energía Solar.
3. <http://www.energia.gob.cl/energias-renovables> - Información sobre Energía Renovable.
4. <http://www.bibliotecasantiago.cl/2-uncategorised/50-solsticios-y-equinoccios> - Ministerio de las culturas, las Artes y el Patrimonio. Información sobre Solsticios y Equinoccios.
5. [https://www.riovalle.cl/sistemas-fotovoltaicos-autonomos/?gclid=Cj0KCQiAnNXiBRCoARIsAJe\\_1cqpc7vbl35K-6L7\\_K6GlfNe0pskM6-MCkOKCDAnVhdptBh6nhxMe78aAr4rEALw\\_wcB](https://www.riovalle.cl/sistemas-fotovoltaicos-autonomos/?gclid=Cj0KCQiAnNXiBRCoARIsAJe_1cqpc7vbl35K-6L7_K6GlfNe0pskM6-MCkOKCDAnVhdptBh6nhxMe78aAr4rEALw_wcB) - Estructura sobre el Sistema Fotovoltaico.
6. [http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SEC2005/ELECTRICIDAD\\_SEC/ER\\_NC/GENERACION\\_DISTRIBUIDA/DOCUMENTACION/TAB6121713/1%20PRESENTACION%20LEY%2020571.PDF](http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SEC2005/ELECTRICIDAD_SEC/ER_NC/GENERACION_DISTRIBUIDA/DOCUMENTACION/TAB6121713/1%20PRESENTACION%20LEY%2020571.PDF) - Ley de Generación Distribuida 20,571.
7. <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-longitud-y-latitud> - Sistema De Coordenadas Geográficas: Longitud Y Latitud.

8. [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es#top](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es#top). -  
Información de la hora Solar y recorrido del sol.
9. [http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/ELECTRICIDAD\\_NET\\_METERING/RGR\\_N04INSTR\\_TECNICA-DYEJEC\\_INSTALACIONES.PDF](http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/ELECTRICIDAD_NET_METERING/RGR_N04INSTR_TECNICA-DYEJEC_INSTALACIONES.PDF) - Instructivo técnico de ejecución e instalaciones de sistema fotovoltaico.
10. <http://www.subdere.gov.cl/divisi%C3%B3n-administrativa-de-chile/gobierno-regional-de-%C3%B1uble/provincia-de-diguill%C3%ADn/bulnes>. -  
Información Geográfica de la provincia de Bulnes.
11. [https://www.cosmoplas.cl/?s=paneles+fotovoltaicos&post\\_type=product](https://www.cosmoplas.cl/?s=paneles+fotovoltaicos&post_type=product) -  
Información y cotización de paneles fotovoltaicos.

## 12. ANEXOS

### **ANEXO A: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED.**

#### **Generalidades**

Acota los requerimientos que se deben observar para el diseño, ejecución, inspección y mantención de las instalaciones eléctricas fotovoltaicas que se comunican a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para ser conectadas a la red de distribución, con el fin de entregar un servicio eficiente y de salvaguardar la seguridad de las personas que las operan o hacen uso de ellas, así como la integridad física y operacional de la red de distribución eléctrica.

#### **Alcance**

Las disposiciones de esta Instrucción Técnica son aplicables al diseño, ejecución, inspección y mantenimiento de las instalaciones eléctricas fotovoltaicas conectadas a la red de distribución, cuya potencia máxima no sobrepase lo estipulado en la Ley N° 20.571.

#### **Referencias normativas**

Los documentos normativos siguientes contienen disposiciones que, a través de referencias en el texto de la instrucción técnica, constituyen requisitos.

**NCh 2369.Of2003:** Norma Chilena de Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.

**Norma técnica:** Norma técnica de conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión, emitida por la Comisión Nacional de Energía y Reconstrucción, sus modificaciones o disposición que lo reemplace.

**NCh Elec. 4/2003:** Instalaciones de Consumo en Baja Tensión, declarada Norma Chilena Oficial de la República mediante Decreto Supremo N° 115, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, sus modificaciones o disposición que lo reemplace.

## Terminología

**Anti-isla:** Uso de relés o controles para protección contra funcionamiento de isla.

**Arreglo:** Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

**CA:** Corriente Alterna

**Caja de conexiones de string o junction box o tablero CC:** Caja en la que se conectan eléctricamente los strings entre sí.

**CC:** Corriente Continúa

**Célula solar o fotovoltaica:** Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

**Conductor:** Para los efectos de esta instrucción técnica se entenderá por hilo metálico, de cobre de sección transversal frecuentemente cilíndrico o rectangular, destinado a conducir corriente eléctrica. De acuerdo a su forma constructiva podrá ser designado como alambre, si se trata de una sección circular sólida única, barra si se trata de una sección rectangular o conductor cableado si la sección resultante está formada por varios alambres iguales de sección menor.

**Corriente de cortocircuito en condiciones de ensayo normalizadas  $I_{sc}$  (STC):** Corriente de cortocircuito de un módulo, de un string, de un grupo o de un generador fotovoltaico en condiciones de ensayo normalizadas.

**Diodo de Bloqueo:** Es un diodo utilizado para impedir el flujo inverso de corriente hacia la fuente del circuito fotovoltaico

**Empalme:** Conjunto de elementos y equipos eléctricos que conectan el medidor del sistema del cliente a la red de suministro de energía eléctrica.

**Empresa(s) Distribuidora(s):** Concesionario(s) de servicio público de distribución de electricidad.

**Unidad de Generación Fotovoltaica (UGF):** Unidad generadora capaz de convertir la radiación solar incidente directamente en energía eléctrica en forma de corriente directa. Está constituido por la integración eléctrica y mecánica de los siguientes componentes:

- Módulos fotovoltaicos.
- String.
- Arreglo fotovoltaico.
- Cajas de conexión.
- Cables y conexiones eléctricas.
- Dispositivos de protección.
- Sistema de tierras.
- Estructuras de montaje.

**IEC:** International Electrotechnical Commission, Comisión Electrotécnica Internacional.

**Sistema fotovoltaico conectado a la red:** Unidad o Conjunto de Unidades de Generación y aquellos componentes necesarios para su funcionamiento, conectados a la red de distribución a través del empalme del usuario o cliente final. Comprende además las protecciones y dispositivos de control necesarios para su operación y control.

**Interfaz con la Red:** Interconecta la salida del inversor con las cargas locales de CA del inmueble, y con el sistema eléctrico de distribución. Permite al sistema fotovoltaico operar en paralelo con la red para que la energía pueda fluir en uno u otro sentido entre la red y la interfaz.

**Interruptor general:** Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

**Inversor:** Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna.

**Inversor string:** Inversor diseñado para operar con un conjunto de varios módulos que se conectan en serie (string). Se pueden conectar uno o varios strings, dependiendo del modelo del inversor. El inversor string se caracteriza por la posibilidad de conectar los strings de manera directa, sin caja de conexión intermedia.

**Inversor central:** Inversor diseñado para operar con muchos módulos, conectados en serie (string), y muchos strings en paralelo. Para conectar strings en paralelo, generalmente se utiliza una caja de conexión (junction box) que junta los strings para luego realizar la conexión al inversor.

**Microinversor:** Inversor diseñado para operar con un solo módulo fotovoltaico. Su entrada es para corriente continua y en su salida exporta corriente alterna. Generalmente se instala debajo del módulo fotovoltaico e incluye todas las protecciones necesarias por el lado CC y CA.

**Panel o Módulo fotovoltaico:** Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

**Potencia de la instalación fotovoltaica:** Es la suma de las potencias nominales de los inversores (la especificada por el fabricante).

**Potencia nominal del generador (Peak):** Suma de las potencias máximas o peak de los módulos fotovoltaicos.

**Protección de Red e Instalación (Protección RI):** Protección que actúa sobre el Interruptor de Acoplamiento, cuando al menos un valor de operación de la red de distribución, se encuentra fuera del rango de ajuste de esta protección.

**Punto de conexión a la red de distribución:** Es el punto en donde se une la acometida del usuario a la red.

**Reconexión automática (RA):** Reconexión del interruptor de potencia controlado por un dispositivo automático.

**String:** Circuito conformado por varios módulos fotovoltaicos conectados en serie.

Tensión en circuito abierto en condiciones de ensayo normalizadas ( $V_{oc}$  stc): Tensión en condiciones de ensayo normalizadas, a través de los bornes descargados (abiertos) de un módulo fotovoltaico, de un string, de un grupo fotovoltaicos, de un generador fotovoltaicos o sobre el lado de corriente continua del inversor.

### **Disposiciones generales**

- I. Toda instalación eléctrica de un sistema fotovoltaico conectada a la red de distribución, deberá ser proyectada y ejecutada en estricto cumplimiento con las disposiciones de esta Instrucción Técnica y en las normativas vigentes.
- II. Toda instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución deberá ejecutarse de acuerdo a un proyecto técnicamente concebido, el cual deberá asegurar que la instalación no presenta riesgos para operadores o usuarios, sea eficiente, proporcione un buen servicio, permita un fácil y adecuado mantenimiento y tenga la flexibilidad necesaria como para permitir modificaciones o ampliaciones con facilidad.
- III. El funcionamiento de las instalaciones de un sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución a que se refiere esta Instrucción Técnica, no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad, calidad, ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa vigente.
- IV. En el caso de que la línea de distribución se quede desconectada de la red, bien sea por trabajos de mantenimiento requeridos por la empresa distribuidora o por haber actuado alguna protección de la línea, las

instalaciones eléctricas de un sistema fotovoltaico no deberán mantener tensión en la línea de distribución, ni dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

- V. En el caso de que una instalación de un sistema fotovoltaico se vea afectada por perturbaciones de la red de distribución se aplicará la normativa técnica vigente sobre calidad del servicio.
- VI. Las instalaciones eléctricas de un sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución, que se acojan a la Ley N° 20.571, deberán dimensionarse para que su potencia máxima no supere la potencia del empalme eléctrico y/o que la suma de sus potencias nominales en el lado AC no exceda la potencia estipulada en la ley.
- VII. La tensión máxima de la unidad de generación fotovoltaica en lado de corriente continua CC, no deberá ser superior a 1kV.
- VIII. Toda instalación eléctrica de un sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución debe ser proyectada y ejecutada bajo la supervisión directa de un Instalador Electricista autorizado, clase A o B.
- IX. Las disposiciones de esta Instrucción Técnica están hechas para ser aplicadas e interpretadas por profesionales especializados; no debe entenderse este texto como un manual.
- X. De acuerdo a lo establecido en la Ley N° 18.410, cualquier duda en cuanto a la interpretación de las disposiciones de esta Instrucción Técnica será resuelta por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, en adelante Superintendencia.
- XI. Los equipos, elementos y accesorios eléctricos utilizados en la unidad de generación fotovoltaica deben ser diseñados para soportar la tensión máxima generada por ella y ser adecuados para trabajar en corriente continua.
- XII. Durante todo el período de explotación o operación de las instalaciones eléctricas, sus propietarios u operadores deberán conservar los diferentes estudios y documentos técnicos utilizados en el diseño y construcción de las mismas y sus modificaciones, como asimismo los registros de las auditorias,



certificaciones e inspecciones de que hubiera sido objeto, todo lo cual deberá estar a disposición de la Superintendencia.

- XIII. En materias de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección y término de operación, la Superintendencia podrá permitir el uso de tecnologías diferentes a las establecidas en la presente instrucción técnica, siempre que se mantenga el nivel de seguridad que el texto normativo contempla. Estas tecnologías deberán estar técnicamente respaldadas en normas, códigos o especificaciones nacionales o extranjeras, así como en prácticas recomendadas de ingeniería internacionalmente reconocidas. Para ello el interesado deberá presentar el proyecto y un ejemplar completo de la versión vigente de la norma, código o especificación extranjera utilizada debidamente traducida, cuando corresponda, así como cualquier otro antecedente que solicite la Superintendencia.

### **Condiciones de la instalación**

- I. La instalación de los equipos o unidades de generación debe facilitar el mantenimiento seguro, siguiendo las especificaciones del fabricante para no afectar de forma adversa al equipo fotovoltaico.
- II. Para facilitar el mantenimiento y reparación de la unidad de generación fotovoltaica, se instalarán los elementos de seccionamiento necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión de los equipos como inversores, baterías, controladores de carga y similares, de todos los conductores no puestos a tierra, de todas las fuentes de energía y de forma simultánea. Se excluyen de esta disposición los microinversores.
- III. Asimismo, se acepta para inversores string como medio de desconexión, el medio que incluye el equipo inversor para estos fines.
- IV. Los conductores o cables de la unidad de generación fotovoltaica, módulos fotovoltaicos, string e inversor deberán ser seleccionados e instalados de forma que se reduzca al máximo el riesgo de falla a tierra o de cortocircuito.

V. Toda instalación que cuente con una unidad de generación fotovoltaica, deberá estar claramente identificado mediante una placa ubicada a un costado del equipo de medida, donde se indique claramente que dicha propiedad cuenta con una unidad de generación fotovoltaica.

VI. La unidad de generación fotovoltaica, deberá contar con las respectivas señaléticas de seguridad claramente visible que indiquen:

“PRECAUCIÓN: PELIGRO DE DESCARGA ELÉCTRICA - NO TOCAR - TERMINALES ENERGIZADOS EN POSICIÓN DE ABIERTO – SISTEMA FOTOVOLTAICO”

VII. Todos los equipamientos, protecciones, interruptores y terminales deben estar rotulados.

VIII. Todas las cajas de conexión o function box de CC, deberán contar con un etiquetado de peligro indicando que las partes activas dentro de la caja están alimentadas por el generador y que pueden todavía estar energizadas tras su aislamiento o apagado del inversor y la red pública.

IX. Se instalará una placa de identificación por parte del instalador al momento de montaje de la unidad de generación, ubicada en los medios de desconexión, en un sitio accesible, en el cual se especifique la capacidad de la fuente fotovoltaica y que indique:

- a) La corriente de operación
- b) La tensión de operación.
- c) La tensión máxima del sistema.

- d) Potencia máxima.
- e) Corriente de cortocircuito.

### **Estructura**

- I. La estructura de soporte de la unidad de generación fotovoltaica deberá satisfacer la normativa vigente en Chile, en cuanto a edificación y diseño estructural para los efectos del viento, nieve y sísmicos.
- II. Las estructuras industriales y comerciales cuya potencia instalada de la unidad de generación fotovoltaica sea superior a 30kW, deberán satisfacer, adicionalmente, los requerimientos establecidos en la norma NCh 2369.
- III. La estructura de soporte de la unidad de generación fotovoltaica debe ajustarse a la superficie de la instalación, ya sea horizontal o inclinada, y el método de anclaje deberá soportar las cargas de tracción, mantener la estructura firme y evitar posibles volcamientos por la acción del viento o nieve.
- IV. El diseño y la construcción de la estructura que soporta la unidad de generación fotovoltaica y el sistema de fijación de módulos fotovoltaicos, deberá permitir las dilataciones térmicas necesarias, evitando transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos fotovoltaicos, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- V. La estructura se protegerá contra la acción de los agentes agresivos en el ambiente y/o corrosivos, garantizando la conservación de todas sus características mecánicas y de composición química.
- VI. La totalidad de la estructura de la unidad de generación fotovoltaica se conectará a la tierra de protección.

## Módulos fotovoltaicos

- I. Todos los módulos fotovoltaicos que formen parte de una unidad de generación deberán estar certificados en conformidad a los protocolos de ensayos establecidos por la Superintendencia para tales efectos.
- II. Los cables o terminales de módulos fotovoltaicos deberán tener marcado su polaridad.
- III. Los módulos fotovoltaicos tendrán una placa visible e indeleble, con la información técnica requerida en la certificación y con los siguientes valores:
  - a) Tensión de circuito abierto.
  - b) Tensión de operación.
  - c) Tensión máxima admisible del sistema.
  - d) Corriente de operación.
  - e) Corriente de cortocircuito.
  - f) Potencia máxima.
- IV. Todos los módulos fotovoltaicos deberán incluir diodos de derivación o bypass en conformidad a las normas IEC 62548 para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.
- V. En los casos que los módulos fotovoltaicos utilicen marcos laterales serán de aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado u otro material resistente a agentes agresivos del ambiente y/o corrosivos.
- VI. No se podrán utilizar módulos fotovoltaicos de distintos modelos, ni orientaciones diferentes en un mismo string. Se excluyen de esta disposición a los módulos conectados a través de microinversores.
- VII. Solo se podrá utilizar orientaciones distintas de módulos fotovoltaicos que formen parte de una unidad de generación, en casos justificados en donde el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dichas causas, lo que

deberá ser fundamentado en la memoria técnica de diseño del proyecto presentado a la Superintendencia en el proceso de declaración.

- VIII. Los módulos fotovoltaicos deberán instalarse de modo de asegurar una buena ventilación, y con una separación suficiente que permita las dilataciones térmicas y que garantice la disipación adecuada de calor de radiación solar local máxima.
- IX. No se podrán instalar módulos fotovoltaicos que presenten defectos productos de la fabricación o del traslado de estos, como roturas o fisuras

### **Arreglos y conexiones**

- I. Las conexiones deberán permitir un montaje rápido, manteniendo la seguridad y la impermeabilidad del sistema.
- II. La interconexión de los módulos fotovoltaicos de la unidad de generación fotovoltaica deberá realizarse mediante conectores que deberán cumplir con los siguientes requisitos:
  - Deberán ser a prueba de agua Tipo MC4 u equivalente, diseñado para aplicaciones de energía fotovoltaica, que cumpla con los requerimientos técnicos de la instalación, en conformidad a la norma IEC 60998-1.
  - Los conectores serán polarizados y de configuración que no permita intercambio con tomacorrientes de otros sistemas eléctricos en el predio.
  - Los conectores estarán contruidos e instalados de modo que eviten el contacto accidental de las personas con partes en tensión.
  - Los conectores serán del tipo que permita su enclavamiento o bloqueo.
  - Los conectores deben ser capaces de interrumpir el paso de la corriente por el circuito sin causar riesgos al operador.
- III. Los arreglos y conexiones de las unidades de generación fotovoltaicos deberán ser diseñados y ejecutados con el objetivo que no se generen corrientes inversas entre los distintos string. En los arreglos que producto de su configuración, pueden generarse corrientes inversas, estas no deberán ser mayores que las corrientes inversas máximas que soportan los módulos o paneles fotovoltaicos, de lo contrario deberán ser limitadas mediante la

utilización de diodos de bloqueo y/o protecciones de sobrecorriente (fusibles o interruptores automáticos)

IV. Cada arreglo o string de la unidad de generación fotovoltaico deberá conectarse al inversor fotovoltaico de la siguiente manera:

- Directamente al inversor en forma independiente. Esta configuración será admitida en instalaciones que utilicen los denominados inversores string, en que cada string se conecta directamente al inversor en positivo y negativo, sin ninguna conexión intermedia.
- Mediante una caja de conexiones de string o junction box acorde a lo descrito en el (VII del punto 1.7). Se utilizará esta configuración para instalaciones que utilicen los denominados inversores centrales o para aquellas instalaciones en las que sea necesario agrupar en paralelo dos o más strings.
- Para los arreglos o strings fotovoltaicos que utilicen la tecnología denominada capa fina o Thin Film, se permitirá utilizar un conector tipo Y para agrupar strings, siempre y cuando el inversor utilizado acepte esta configuración.

V. En instalaciones en que se utilicen microinversores, la conexión se deberá llevar a cabo de la siguiente manera:

- Cada módulo fotovoltaico deberá conectarse de manera independiente, directamente a un microinversor en positivo y negativo, sin ninguna conexión intermedia.
- Cada microinversor se conectará en paralelo formando un circuito de corriente alterna (circuito CA), hasta el máximo número especificado por el fabricante, y respetando lo indicado en los puntos (XI y XII del punto 1.9) para el cableado de CA.
- Cada circuito CA se conectará a una caja de conexiones de CA, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Cada circuito CA se conectará en paralelo a través de la caja de conexiones CA, formando un ramal de corriente alterna (ramal CA)

- Cada ramal CA se conectará a un diferencial tipo A, de 30 mA y un interruptor magnetotérmico de suficiente capacidad según normativa vigente, y localizado en el punto de conexión, de acuerdo a lo indicado en el (XVII del punto 1.11).
- VI. Cuando la conexión de los arreglos en serie o string se realice según lo establecido en el (IV y del punto 1.7). los arreglos fotovoltaicos deberán contar con diodos de bloqueo o una protección equivalente que impidan que circule corriente inversa.
- VII. Las cajas de conexión, junction box o tablero de CC de las unidades de generación fotovoltaica indicadas en el (IV y del punto 1.7). deberán cumplir con la norma IEC 61439-1, y contar con los siguientes elementos:
- a) Seccionador bajo carga.
  - b) Descargadores de sobretensión tipo 2.
  - c) Fusibles o interruptores automáticos en CC, polos negativos, por cada string.
  - d) Fusibles o interruptores automáticos en CC, polos positivos, por cada string.
  - e) Bornes de conexión CC para línea colectora hacia el inversor.
  - f) Borne de conexión para conductor de puesta a tierra.
  - g) Borne de conexión para contacto de aviso de fallo sin potencial,
  - h) El tablero CC deberá tener un IP65, o mínimo IP54 cuando se ubique bajo techo.
- VIII. La caja de conexión o tablero CC deberá permitir el accionamiento del seccionador bajo carga desde el exterior de la caja, o el tablero CC deberá contar con contra tapa, sin que exista exposición de personas al contacto con partes con tensión. El seccionador deberá tener claramente marcado la posición abierta o cerrada.
- IX. Las cajas de conexión, function box o tablero de CC, deberán ser instalados los más cercano posible de los arreglos fotovoltaicos.

- X. Todos los tableros, conexión y function box ubicados a la intemperie, deberán ser instalados de forma que todas sus canalizaciones y conductores ingresen por la parte inferior, conservando su índice de protección IP.
- XI. Las conexiones a un módulo o panel de la unidad de generación fotovoltaica deben estar hechas de modo que si se quita un módulo o panel del circuito de la fuente fotovoltaica no se interrumpa la continuidad de ningún conductor puesto a tierra de cualquier otro circuito de fuente fotovoltaico.
- XII. Todos los conductores utilizados en la unidad de generación deberán contar con sus respectivos terminales.

### **Dimensionado circuito y corriente**

- I. Corriente de los circuitos fotovoltaicos o corriente de la unidad de generación fotovoltaica: La corriente máxima será la suma de las corrientes de cortocircuito de los módulos fotovoltaicos en paralelo, multiplicada por 1,25 veces.
- II. Corriente de los circuitos de salida fotovoltaica: La corriente máxima será la suma de las corrientes máxima de los circuitos de las fuentes en paralelo multiplicada por 1,25 veces.
- III. Corriente de los circuitos de salida del Inversor: La corriente máxima será la corriente de salida del inversor de régimen continuo.
- IV. Corriente de los circuitos de entrada del inversor: La corriente máxima será la corriente de entrada de régimen continuo del inversor cuando el inversor produzca su potencia nominal a la menor tensión de entrada.
- V. Las corrientes de los sistemas fotovoltaicos serán consideradas como de régimen continuo.



## Conductores y canalización

- I. Todos los conductores deberán ser canalizados en conformidad a los métodos establecidos en la norma NCh Elec. 4/2003, y deberán soportar las influencias externas previstas, tales como viento, formación de hielo, temperaturas y radiación solar.
- II. Los circuitos de los sistemas fotovoltaicos y los circuitos de salida fotovoltaicos no se instalarán en las mismas canalizaciones con otros circuitos de otros sistemas, al menos que los conductores de los otros sistemas estén separados por una barrera.
- III. Los conductores positivos y negativos en el lado de CC deberán ser canalizados en forma ordenada y separada, solo en los casos que se utilice canalización metálica podrá canalizarse en forma conjunta el positivo y negativo.
- IV. Los conductores y conexiones eléctricas no deben quedar sometidos a esfuerzos mecánicos permanentes ni accidentales.
- V. Los conductores utilizados en el lado de CC de la unidad de generación fotovoltaica serán de cobre estañado para 1kV en CA y de 1,8kV en CC, y deberán resistir las exigentes condiciones ambientales que se producen en cualquier tipo de instalación fotovoltaica, ya sea fija, móvil, sobre tejado o de integración arquitectónica.
- VI. Los conductores a utilizar en la unidad de generación fotovoltaica deberán ser conductores tipo fotovoltaicos, PV, PV1-F, Energyflex, Exzhellent Solar ZZ-F (AS), XZ1FA3Z-K (AS) o equivalente, que cumplan con los requisitos para su uso en sistemas fotovoltaicos en conformidad a la norma TÜV 2 pfg 1169/08.2007.
- VII. Los conductores en el lado de CC, que estén expuestos a daños por roedores deberán contar con una protección contra roedores. Para estos efectos, podrá utilizarse conductores que incorporen dicha protección o deberán canalizarse todos los conductores que formen parte del lado CC, incluyendo las uniones entre módulos.

- VIII. Los conductores de la unidad de generación deberán tener una sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.
- IX. Los conductores de la unidad de generación deberán tener una sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.
- X. Los conductores del lado de CC, deberán ser dimensionados para una corriente no inferior a 1,25 veces la máxima intensidad de corriente obtenida del cálculo indicado en el (VIII y del punto 1.11).y/o para soportar la corriente inversa máxima que se pueda generar en la unidad de generación.
- XI. Los conductores del lado de CA, deberán ser dimensionados para una corriente no inferior a 1,25 veces la máxima intensidad de corriente del inversor y deberán quedar protegidos por el dispositivo de sobre corriente establecido en el (XIV y del punto 1.11).
- XII. Los alimentadores o conductores del lado de CA de la unidad de generación deberán tener una sección adecuada para evitar las caídas de tensión y calentamientos, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión entre el punto de conexión a la red y la unidad de generación sea inferior del 3%.
- XIII. La sección mínima de los conductores activos será de 2.5 mm<sup>2</sup> y la sección mínima del conductor de tierra será de 4 mm<sup>2</sup>.
- XIV. En la determinación de la sección transversal de los conductores de cada arreglo, se deberá considerar la temperatura máxima de operación del arreglo de acuerdo con las condiciones climatológicas del lugar, y elegir la sección transversal de conductor considerando los factores de corrección por temperatura indicados en la tabla siguiente.

Tabla N°1.

Temperatura Ambiente °C	Temperatura nominal de los conductores			
	60°C	75°C	90°C	105°C
30	1	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96	0,97
36-40	0,82	0,88	0,91	0,93
41-45	0,71	0,82	0,87	0,89
46-50	0,058	0,75	0,82	0,86
51-55	0,041	0,67	0,76	0,82
56-60	-	0,58	0,71	0,77
61-70	-	0,33	0,58	0,68
71-80	-	-	0,41	0,58

- XV. Cuando se utilicen cables y cordones flexibles para conectar las partes móviles de los sistemas de orientación de los módulos fotovoltaicos, serán de tipo cordón o cables portátil de servicio pesado; dichos cables serán adecuados para uso extra-pesado, listados para uso a la intemperie y resistentes al agua y a la luz del sol. Cuando la temperatura ambiente supere los 30°C, se aplicarán los factores de corrección de la Tabla N°1.
- XVI. Los conductores para corriente continua se identificarán o marcarán de color rojo para el conductor positivo, negro para el conductor negativo y verde o verde/amarillo para el conductor de tierra de protección, para el cableado de corriente alterna deberá ajustarse a lo indicado en la norma NCh Elec. 4/2003.
- XVII. La tensión del aislamiento del conductor de lado de CC no deberá ser menor a 1,25 veces de la tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico en condiciones estándar.
- XVIII. La capacidad total de generación fotovoltaica no debe ser mayor de la capacidad de transporte del alimentador o del conductor utilizado en la unión entre el tablero general y el empalme.
- XIX. Los sistemas fotovoltaicos deberán poseer resistencia de aislamiento igual o superior a los valores señalados la tabla N°2.

## **Inversor**

- I. Los inversores utilizados en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, deberán estar certificados en conformidad a los protocolos de ensayos establecidos por la Superintendencia para tales efectos.
- II. La instalación del inversor se deberá realizar según las especificaciones del fabricante, considerando la ventilación, el anclaje, la orientación, y el índice IP, entre otros aspectos. El inversor se deberá situar en un lugar con fácil acceso a personal técnico.
- III. No se podrá instalar un inversor en baños, cocinas o dormitorios, en recintos con riesgos de inundación y recintos con riesgos de explosión.
- IV. Podrán instalarse a la intemperie aquellos inversores que cuenten con un grado de protección de al menos IP55 y con protección contra la radiación solar directa.
- V. La instalación del inversor deberá efectuarse, dejando un espacio mínimo de 15 cm a cada lado del inversor, en los casos que el fabricante especifique distancias mayores a las señaladas, deberán respetarse estas últimas. Los terminales del inversor deben permitir una fácil conexión de conductores o cables aislados.
- VI. Los inversores denominados inversores string, deberán contar internamente o externamente con protecciones contra descargas eléctricas, protecciones de sobre tensión, y protecciones de sobre intensidad por cada string y deberán garantizar que no exista circulación de corriente inversa mayores a las admisibles por los módulos fotovoltaicos conectados a él.
- VII. Las protecciones de sobre intensidad indicadas en el (VI y del punto 1.10). podrán omitirse solo cuando la unidad de generación este conformada por un máximo de dos string, conectados en forma directa al inversor, siempre que la suma de las corrientes máxima de los dos string, no excede la capacidad de corriente del conductor y no exceda la corriente máxima inversa de los módulos.

- VIII. Los inversores deberán contar con una protección anti-isla en conformidad a la norma IEC 62116

### **Protecciones**

- I. Las instalaciones de un sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución, estarán equipadas con un sistema de protección que garantice su desconexión en caso de una falla en la red o fallas internas en la instalación del propio generador, de manera que no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.
- II. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución deberán tener protección de falla a tierra para reducir el riesgo de incendio.
- III. El dispositivo de protección de falla a tierra deberá ser capaz de detectar una falla, interrumpir el flujo de corriente de falla, y dar una indicación que ocurrió la falla.
- IV. Los conductores activos de la fuente en que ocurrió la falla serán desconectados en forma automática. Si se desconecta el conductor de tierra del circuito en que ocurrió la falla, para cumplir con los requisitos del (III y del punto 1.11). todos los demás conductores del circuito con falla abrirán en forma automática y simultánea. Se permitirá la desconexión del conductor de tierra del arreglo o la desconexión de las secciones del arreglo que presenten la falla con la finalidad de interrumpir la vía de corriente de falla a tierra.
- V. Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red que utilicen sistemas de puesta a tierra TN o TT deberán contar con un monitor de corriente diferencial (RCMU) el que podrá estar incluido en el inversor o ser externo a él. Dicho monitor deberá ser sensible a todo tipo de corriente, capaz de diferenciar entre las corrientes de escape capacitivas condicionadas por el servicio (causadas por las capacidades de los módulos fotovoltaicos a tierra) y las corrientes de falla (causadas por el contacto de un polo del

generador FV). El inversor se deberá desconectar inmediatamente de la red en cuanto se supere el valor límite absoluto de 300 mA (protección contra incendios) o el valor de la corriente de falla del lado de CC de 30 mA. En los casos en que el monitor de corriente diferencial (RCMU) este incorporado al inversor, deberá cumplir con la norma IEC 62109-2. Para aquellos casos en que el RCMU no esté incorporado en el inversor, deberá satisfacer los requerimientos de las normas IEC 62020 y IEC 60755.

- VI. Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red que utilicen sistemas de puesta a tierra IT, deberán contar con un vigilante de aislamiento interno o externo al inversor, con señales audibles y/o visibles, el que deberá estar regulado en conformidad al 4.8.2 de la norma IEC 62109-2.
- VII. En los casos que el vigilante no esté incorporado al inversor, deberá satisfacer los requerimientos de la norma IEC 61557-8, y deberá desconectar la instalación ante un fallo de aislamiento  $50V/\Omega$  en conformidad a la norma IEC 60364-5-53, anexo H.
- VIII. Los dispositivos de sobrecorriente en el lado CC, serán dimensionados para conducir una corriente no inferior a 1,25 veces la máxima corriente del string y no deberá ser superior a la corriente inversa máxima que soportan los módulos que forman parte del string.
- IX. Los fusibles utilizados en el lado CC de las instalaciones fotovoltaicas deberán cumplir con la norma IEC 60269-6, los que deberán ser seleccionados para ser capaces de disipar la potencia que se desarrolla en las peores condiciones de funcionamiento.
- X. Los interruptores automáticos y seccionadores utilizados en el lado CC de las instalaciones fotovoltaicas, deberán cumplir los requerimientos establecidos en las normas IEC 60947-2 o IEC 60947-3, y ser adecuados para instalaciones fotovoltaicas, capaces de extinguir arcos eléctricos en CC.
- XI. Los descargadores de sobretensión utilizados en instalaciones fotovoltaicas deberán ser del tipo 2, en conformidad a la IEC 61643-11

- XII. Cuando se utilicen diodos de bloqueo, su tensión asignada inversa deberá ser 2 veces la tensión máxima del string a circuito abierto, y deberán cumplir con las normas IEC 60529, IEC 62548 y IEC 60364-7-712.
- XIII. Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red deberán contar con protección por aislamiento de las partes activas clase II, en el lado de CC, de acuerdo a la IEC 62109-1.
- XIV. Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, en el lado de corriente alterna, deberán contar con una protección diferencial e interruptor general magnetotérmico bipolar, para el caso de las instalaciones monofásicas o tetra polar para el caso de las instalaciones trifásicas, con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.
- XV. La protección diferencial del lado de corriente alterna, (indicada en el punto XIV) que se instale en un sistema fotovoltaico que no presenta como mínimo una separación simple entre los lados de las corrientes continua y alterna, el dispositivo diferencial instalado para garantizar la protección en caso de falla debe ser tipo B conforme con lo especificado en la norma IEC 60755. Si el inversor no puede, por construcción, inyectar corrientes continuas de falla en la instalación eléctrica, no se requiere un dispositivo diferencial del tipo B conforme con lo especificado en la norma IEC 60755, en estos caso se podrá utilizara un diferencial tipo A.
- XVI. La protección diferencial (indicada en el punto XIV). para unidades de generación de potencia instalada inferiores 10kW, deberán ser de una corriente diferencial no superior a 30mA. En unidades de generación de potencia instalada igual o superior a 10kW deberá utilizar una protección diferencial con intensidad diferencial no superior a 300 mA.
- XVII. El interruptor general magnetotérmico y el diferencial (indicado en el (XIV) deberán estar instalado y claramente identificados en el tablero de distribución o general de la instalación de consumo (Ver apéndice N°2).
- XVIII. El interruptor general magnetotérmico (indicado en el (XIV) debe ser un interruptor termomagnético que permita la desconexión del generador

fotovoltaico de la red y las cargas locales. La calibración del dispositivo de sobre corriente se determina en función de la potencia máxima de salida del inversor y deberá cubrir las siguientes especificaciones:

- a) Ser manualmente operable.
  - b) Contar con un indicador visible de la posición "On-Off".
  - c) Contar con la facilidad de ser enclavado mecánicamente en posición abierto por medio de un candado o de un sello de alambre.
  - d) Tener la capacidad interruptora requerida de acuerdo con la capacidad de cortocircuito de la línea de distribución.
  - e) Debe ser operable sin exponer al operador con partes vivas.
- XIX. Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red deberán contar con una protección de red (RI), en conformidad a lo establecido en la Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación en Baja Tensión.
- XX. Los ajustes de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia de la protección de red (RI), serán establecidos en la Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación en Baja Tensión.
- XXI. En aquellos lugares en que exista peligro de caída de rayos, deberá instalarse las protecciones de pararrayos respectivas, en conformidad las normas IEC 62305-2, IEC 60364-7-712.
- XXII. Todos los interruptores que serán alimentados con corriente en ambos sentidos dentro del sistema eléctrico, deben estar especificados para operación bidireccional.

### **Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas**

- I. Deberán conectarse todas las partes metálicas de la instalación a la tierra de protección. Esto incluye las estructuras de soporte y las carcasas de los equipos.
- II. La puesta a tierra de protección de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas, se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora,

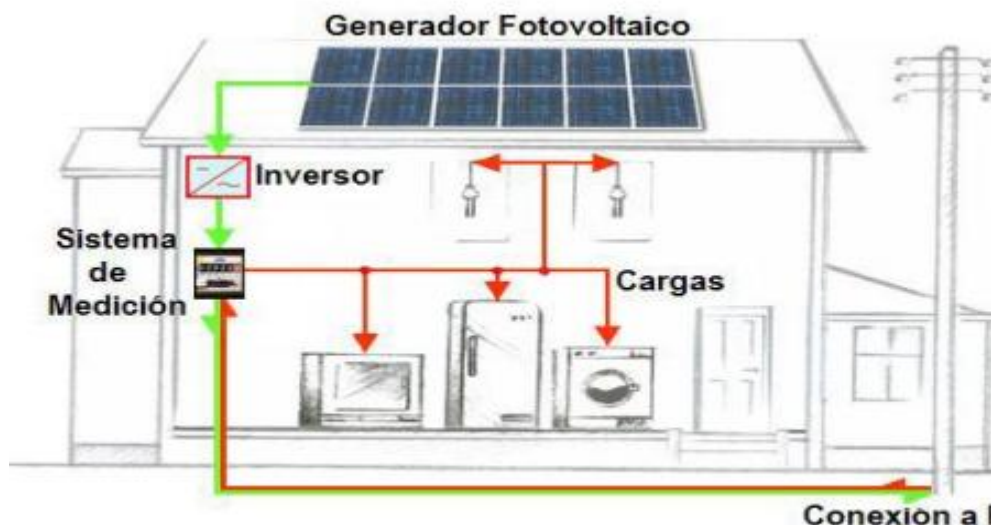


asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

- III. El sistema de puesta a tierra utilizado para las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de distribución será el siguiente:
- IV. En caso de instalaciones con separación galvánica, podrá utilizarse el sistema IT o de neutro aislado, de acuerdo a la IEC 60364-4-41, por lo que ningún conductor activo será puesto a tierra, sin perjuicio de que todas las partes metálicas de los aparatos y soportes que forman parte de la instalación, deberán estar conectadas entre sí y puestas a tierra según la configuración indicada en el presente punto normativo.
- V. En caso de instalaciones sin separación galvánica, la instalación será TT o TN, de acuerdo a la IEC 60634-4-41, por lo que el conductor identificado como neutro estará puesto a tierra, al igual que todas las partes metálicas de los aparatos y soportes que forman parte de la instalación.
- VI. El sistema de puesta a tierra utilizado deberá cumplir con los requerimientos de seguridad establecidos en la norma NCh Elec. 4/2003.
- VII. La medición de la resistencia de puesta a tierra, deberá realizarse en conformidad a los procedimientos descritos en la norma IEEE Std. 81 o la IEC 61936-1.

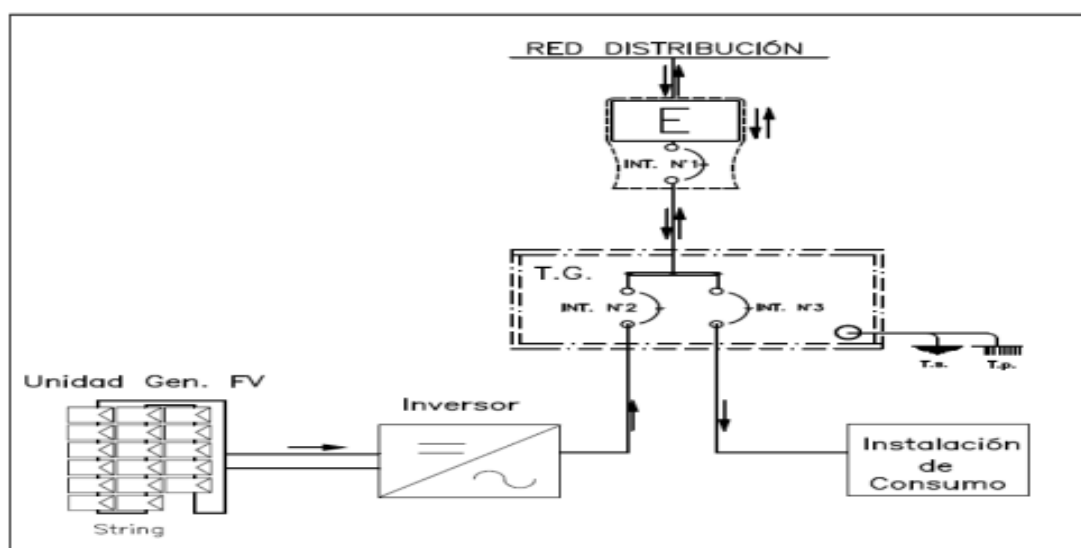
### **Interfaz con red**

- I. La instalación fotovoltaica deberá conectarse en paralelo con la red y contribuir a abastecer el suministro de energía a la red. Si existe una carga local en el inmueble, ésta debe ser alimentada por cualquiera de las dos fuentes, por ambas simultáneamente u otro medio interno.
- II. La instalación fotovoltaica debe contar con un medio de desconexión que permita su separación de la red en caso de falla o para realizar labores de mantenimiento.



**FIGURA 1:** Diagrama de flujos de inyección de excedentes. La línea verde representa la energía generada, mientras que la línea roja representa la energía consumida.

Para garantizar la seguridad y flexibilidad en la operación del sistema fotovoltaico conectado a la red, se deben emplear dos interruptores de separación en la interfaz con la red, un interruptor general del sistema fotovoltaico (indicado en el punto XIV).(Fig. 2 Int. 2) para aislar la instalación fotovoltaica de la red, y otro dispositivo de desconexión deberá ir ubicado en el empalme o punto de conexión a la red de distribución. (Fig. 2 Int. 1).



**FIGURA 2 -** Localización de los interruptores de desconexión con la red.

## **Medidor**

- I. Los generadores fotovoltaicos conectados a la red deberán contar con un único equipo de medida con registro bidireccional que permita diferenciar claramente las inyecciones y consumos de energía en forma independiente.
- II. El medidor bidireccional deberá contar con su respectivo certificado de comercialización y el certificado de verificación primaria (exactitud de medida) en ambos sentidos, emitido por un organismo OLCA, con el propósito de garantizar el correcto registro del consumo e inyección para la correspondiente facturación por parte de la empresa distribuidora.

## **Parámetros eléctricos**

- I. Los sistemas de generación fotovoltaica conectados a la red de distribución, deberán cumplir con las exigencias de calidad de suministro y parámetros de seguridad establecida en la norma técnica de conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión.

## **Pruebas de inspección**

- I. La puesta en marcha sólo podrá ser realizada por el instalador eléctrico autorizado responsable de la declaración de puesta en servicio y personal de la empresa distribuidora de energía eléctrica.
- II. Será responsabilidad del instalador realizar todas las pruebas necesarias para garantizar la seguridad de la instalación del generador fotovoltaico, las cuales deberán ser documentadas a través de un informe de ensayos del generador fotovoltaico (Ver Apéndice n°1).

## **Mantenimiento y trabajo seguro**

- I. Disposiciones Generales de operación y mantenimiento,
- II. Los propietarios de las unidades de generación fotovoltaicas deberán contar con procedimientos de apagado de emergencia del inversor, el cual deberá estar ubicado a un costado del inversor.
- III. Los propietarios de las instalaciones fotovoltaicas con una potencia instalada superiores a 10 kW conectadas a la red deberán contar con procedimientos de operación, mantención, emergencia y análisis de riesgo para instalaciones.
- IV. Se deberá considerar, en el proyecto y en las etapas de inspección y mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas, un procedimiento de emergencias que considere los contactos telefónicos de los servicios de urgencia para el caso de accidentes o incidentes con daños a la propiedad, y de los servicios públicos relacionados con la seguridad de las personas o bienes.
- V. Es deber de los propietarios de las unidades de generación, mantener las instalaciones en buen estado y en condiciones de evitar peligro para las personas o cosas.

### **Seguridad en las labores de operación y mantenimiento**

- I. Las intervenciones en instalaciones deberán ser ejecutadas y mantenidas de manera que se evite todo peligro para las personas y no ocasionen daños a terceros.
- II. Las intervenciones en instalaciones se deberán efectuar con medios técnicos que garanticen seguridad tanto para el personal que interviene como para las instalaciones intervenidas.
- III. Los trabajos en instalaciones eléctricas, aun cuando no estén con presencia de tensión, deberán ser ejecutados por personal preparado y premunido de equipos y elementos de protección personal apropiados.
- IV. A cada persona que intervenga en instalaciones eléctricas deberá instruírsele en forma clara y precisa sobre la labor que le corresponda

ejecutar y sus riesgos asociados. Además, deberá mantenerse una adecuada supervisión a las labores que se ejecutan en las instalaciones.

- V. Las herramientas que se utilicen para trabajos con energía, con método de contacto, deberán ser completamente aisladas y acordes al nivel de tensión en el cual se esté interviniendo. Si se detecta cualquier defecto o contaminación que pueda afectar negativamente las cualidades de aislamiento o la integridad mecánica de la herramienta, ésta deberá ser retirada del servicio.

### **Exigencias para realizar intervenciones seguras**

- I. Las instalaciones deberán llevar señalética con simbología e inscripciones que representen llamativamente el peligro de muerte al cual se exponen las personas, por contacto o cercanía a los conductores y equipos energizados.
- II. En la etapa de ejecución de una instalación fotovoltaica, ésta deberá estar provista de señales de advertencia y de peligros en las zonas que se encuentran energizadas, y se deberán marcar las principales características eléctricas de todos los componentes energizados ubicados en la parte exterior e interior del recinto, a fin de evitar posibles accidentes a las personas que operan en la instalación
- III. Cuando se intervengan instalaciones fotovoltaicas deberá verificarse el disyuntor de protección del inversor por fase en la parte de corriente alterna, el switch del inversor, cuando corresponda, en la parte de corriente continua, la tarjeta de operación para la operación de bloqueo y la tensión en los componentes que se manipularán.
- IV. En salas eléctricas o de subestaciones transformadoras, donde se instalen los inversores, se deberán tomar las debidas precauciones de seguridad para no interferir el normal funcionamiento de los equipos instalados en las salas.
- V. Para el entorno de las instalaciones fotovoltaicas y en la etapa de montaje de paneles solares, se deberá contar con un análisis de riesgo que

considere todas las medidas de prevención tendientes a evitar alteraciones o fallas en las instalaciones existentes.

- VI. Las unidades o inversores de las instalaciones fotovoltaicas no deben ser manipuladas o intervenidas por personas no capacitadas, a fin de evitar accidentes graves por peligro de choque eléctrico.
- VII. En las instalaciones fotovoltaicas, los paneles conectados a la unidad inversora expuestos a la luz natural o artificial, deben considerarse en la condición de energizado y se deberán tomar todas las medidas efectivas para evitar contactos eléctricos con las partes energizadas.
- VIII. En los sistemas de respaldo mediante el uso de un banco baterías, se debe tomar las precauciones de ventilar previamente el recinto antes de ingresar y verificar la ausencia de los gases emanados por estas baterías.
- IX. En la etapa de prueba de una instalación fotovoltaica se debe verificar que los switch de la unidad inversora (encendido / apagado) estén plenamente identificados y el esquema unilineal simple tenga identificado (componentes físicos con igual marca) todos los puntos de apertura y desconexión del sistema.

### **Informe de inspección, ensayos y mediciones de terreno del generador (Apéndice)**

#### Informe de ensayos del generador (verificación Inicial)

- Medición empleada para verificar la continuidad de la estructura y partes metálicas de la unidad de generación, deberá indicar los puntos medidos y el instrumento utilizado.
- Mediciones de aislamiento.
- Ensayo de polaridad.
- Procedimiento de medición de puesta a tierra, se debe indicar el método y el instrumento utilizado

Para instalaciones fotovoltaicas deberá utilizarse el siguiente informe (figuras 4.20.a y 4.20.b y 4.20.c)

**APÉNDICE N°1.**

**MODELO DE INFORME DE ENSAYO DEL GENERADOR FV.**

INFORME DE ENSAYOS DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO		VERIFICACIÓN INICIAL					
Dirección de Instalación		Referencia					
		Fecha					
Descripción de los trabajos bajo prueba		Instalador					
		N° Licencia					
		Instrumentación empleada					
N° de String		1	2	3	4		n
Generador	Modulo Tipo						
	Cantidad						
Parámetros del generador (Según este especificado)	Potencia (kW)						
	Voc (Stc)						
	Isc (stc)						
	I <sub>max</sub> Inversa Modulo						
Dispositivo de protección de sobrecorriente de String (Aplicable a Inversores centrales)	Tipo						
	Valor (A)						
	Voltaje máx. CC (V)						
	Capacidad (kA)						
conductor lado CC	Tipo						
	Positivo (mm <sup>2</sup> )						
	Negativo (mm <sup>2</sup> )						
	Tierra (mm <sup>2</sup> )						
	Voltaje máx. CC (V)						
	Capacidad (A)						
Ensayo de polaridad							
Resistencia de aislamiento	Tensión Prueba (V)						
	Positivo - Tierra (MΩ)						
	Negativo - Tierra (MΩ)						
Continuidad de conductor tierra/estructura							
Seccionador funcionan correctamente (Aplicable a Inversores centrales)							

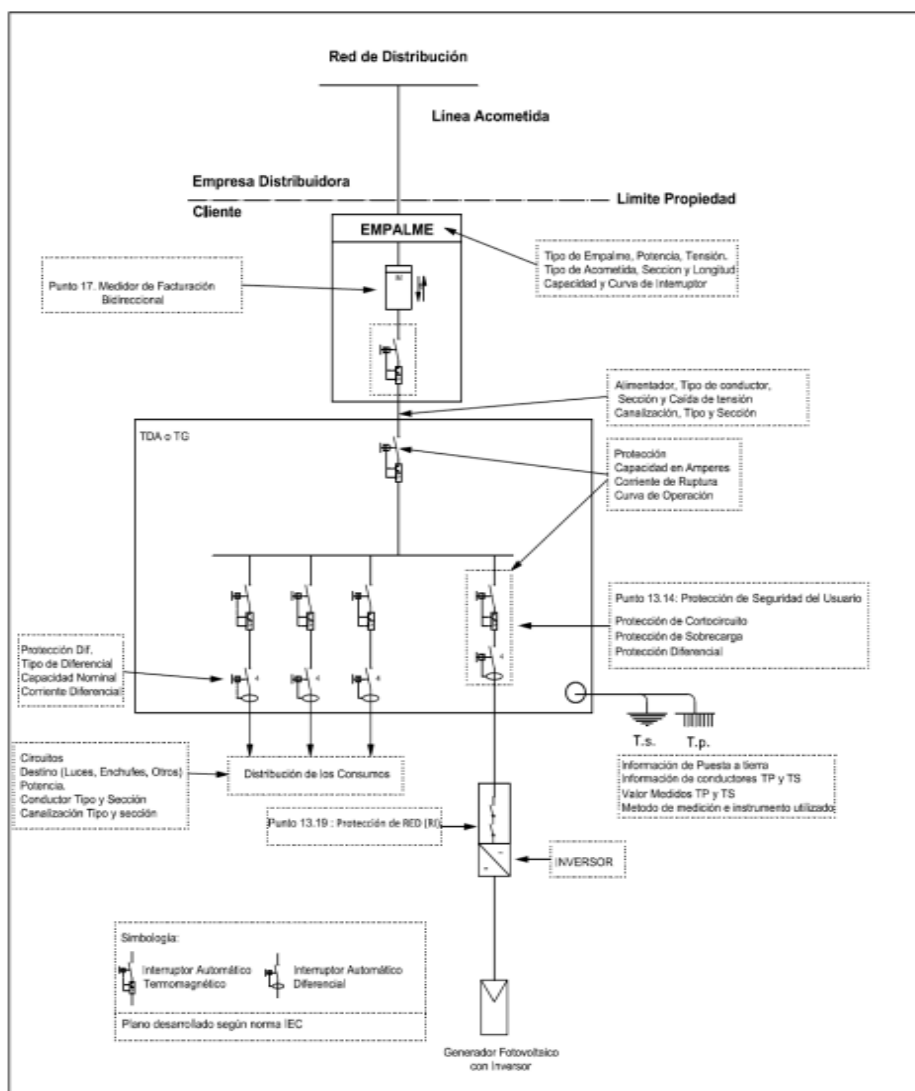
**Figura 4.20.a**



Protecciones AC	Diferencial AC		Protección AC			
	Tipo		Marca			
	Corriente residual (mA)		Corriente nominal (A)			
	Corriente nominal (A)		Capacidad (KA)			
	Prueba de Test		Tipo (bipolar o tetrapolar)			
	Ubicación					
Inversor	Funciones		Ajustes		Tiempos	
AJUSTES PARA DESCONEXIÓN	Protección contra caídas de tensión U<		V	0,80 Un	ms	< 100 ms
	Protección contra sobretensiones (media 10-minutos) U>		V	1,10 Un	ms	< 100 ms
	Protección contra sobretensiones breves U>>		V	1,15 Un	ms	< 100 ms
	Protección contra caída de la frecuencia f<		Hz	47,50 Hz	ms	< 100 ms
	Protección contra subidas de la frecuencia f>		Hz	51,50 Hz	ms	< 100 ms
AJUSTES PARA CONEXIÓN Y RECONEXIÓN	Rango		Ajustes		Tiempos	
	Limite inferior de tensión U<		V	0,85 Un	s	≥ 60 s
	Limite Superior de tensión U>		V	1,10 Un		
	Limite inferior frecuencia f<		Hz	47,50 Hz		
	Limite Superior frecuencia f>		Hz	50,20 Hz		
Tiempo de reconexión para interrupciones breves (<3s)					≥ 5 s	
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UNIDAD DE GENERACIÓN	Potencia (KW-AC)					
	Voltaje CC					
	Corriente CC		SISTEMA DE PUESTA A TIERRA			
	Frecuencia (Hz)		Valor Tierra Protección	Ω		
	Voltajes FASE 1 (V)		Valor Tierra Servicio			
	Voltajes FASE 2 (V)		Método de medición			
	Voltajes FASE 3 (V)		Instrumento Utilizado			
	Corrientes FASE 1(A)		Clase de precisión			
	Corrientes FASE 2(A)					
	Corrientes FASE 3(A)					

Figura 4.20.b

**APÉNDICE N°2.**  
**DIAGRAMA UNILINEAL**



**Figura 4.20.c**

**ANEXO B: IMÁGENES DE PLACAS DE BOMBAS.**





**ANEXO C: BOLETAS DE FACTURACIÓN Y CONSUMOS EMITIDAS POR EL PROVEEDOR.**



### Detalle de mi cuenta

**Servicio Eléctrico**

- Administración del servicio \$ 2.223
- Transporte de electricidad \$ 2.805
- Electricidad consumida 162 kWh \$ 19.969
- Descuento por Ajuste Tarifario \$ -58

**Otros Cargos (No implica corte)\***

- Cuota mortuoria (Evento) \$ 600

Monto afectado a impuesto \$ 24.338

Monto exento a impuesto \$ 600

**Total Boleta \$ 25.538**

Saldo Anterior \$ 0

**Total a pagar \$ 25.538**

### Mi consumo en el mes actual

Para determinar cuánta electricidad consumiste en el mes, se considera lo que marca tu medidor en la lectura actual y se le resta lo que marcó en tu lectura anterior.

Período de lectura: 26/09/2018 - 25/10/2018      Fecha estimada próxima lectura: 25/11/2018

Medidor	Propiedad	Lecturas (kWh)	Constante	Consumo medidor
2315039486	CLIENTE	Actual	4.032 kWh	1,0
		Anterior	-3.870 kWh	
			162 kWh	

Consumo total del mes = 162 kWh

(\*) Compensaciones SED por interrupciones internas y externas

Período: Oct 2017-Sep 2018

Costo de tarifa: 0,00

Monto a compensar: 0

Energía no suministrada (ens): 0,00

Valores con IVA incluido/tarifas fijadas según decreto n° 1117/2016. (Publicado en el diario oficial el 24-09-2017)

### ¿Qué significa lo que estoy pagando?

**Electricidad consumida:** Monto que se cobra por la electricidad consumida durante el período de facturación y que incluye el uso de postes y transformadores. Durante los meses de abril a septiembre se cobra la cantidad consumida hasta el límite de invierno.

**Transporte de la electricidad:** Monto que se paga por el uso de las torres y subestaciones que llevan la electricidad desde donde se produce hasta las afueras de la ciudad y que depende de la cantidad de electricidad consumida.

### ¿Cuál fue mi consumo en los últimos 13 meses?

Mes	Consumo (kWh)
MAY	15
JUN	18
JUL	12
AUG	10
SEPT	15
OCT	162

### Mismo mes del año pasado

Este mes consumiste aproximadamente **338% más energía** que el mismo mes del año pasado.

### Mes pasado

Este mes consumiste aproximadamente **38% menos energía** que el mes pasado.

Descongelar periódicamente el refrigerador permite ahorrar energía y dinero. La escarcha crea un aislamiento que puede acarrear un mayor consumo energético.

Cambiar sus ampolletas tradicionales (incandescentes) por ampolletas eficientes le ayudará a ahorrar energía. Prefiera ampolletas con etiqueta A o superior.

## ANEXO D: FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR.

Finalmente, según lo indica la norma técnica, la conexión de los distintos implementos debe ser cómo se presenta en el diagrama de la Figura 4.1.

**FIGURA 4.1: DIAGRAMA DE CONEXIÓN INVERSOR-MEDIDOR BIDIRECCIONAL**

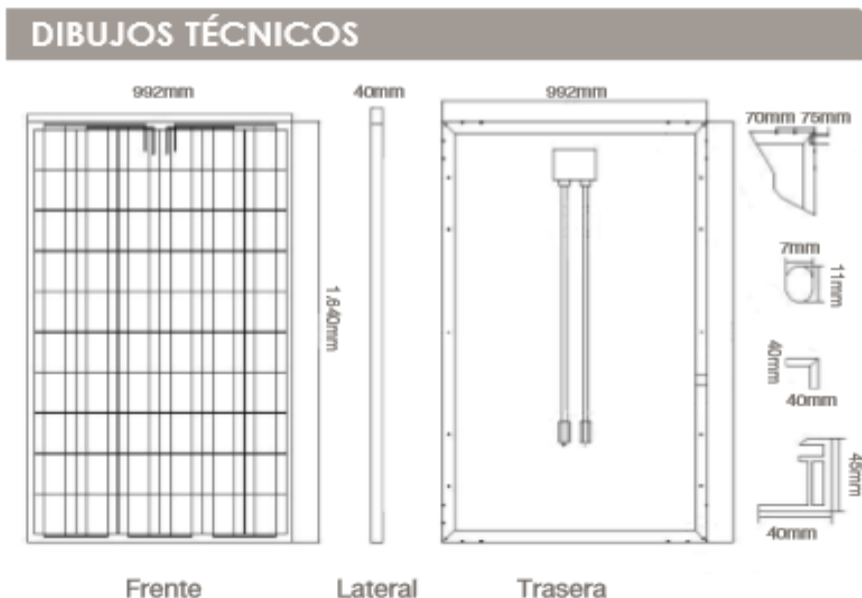
**Malla de tierra**

En instalaciones FV residenciales convencionales, donde los paneles se ubican sobre la techumbre, es suficiente la tierra de protección (y de servicio) que se emplea en la instalación eléctrica de la vivienda. Esta consiste en una barra de acero cubierta con cobre ("copperweld") enterrada verticalmente en el terreno, donde se conectan las estructuras

Protección contra sobrecalentamiento	Sí
Interruptor CC integrado	Opcional
<b>Datos generales</b>	
Dimensiones	339W*565H*164D(mm)
Peso	11 Kg
Tipología	Sin transformador
Auto-consumo	<1W(noche)
Rango de temperaturas operativas	-25°C~60°C
Protección IP	IP65
Emisión de ruidos (típica)	<30 dBA
Sistema de enfriamiento	Convección natural
Máx. Altitud operativa	2000m
Vida útil	>20 años
Estándar de conexión a red	UL1741, G83/2, AS4777, VDE0126-1-1
Humedad relativa	0~95%
Seguridad/Estándar EMC	EN61000-6-1:2007; EN61000-6-3:2007 IEC62109-1/2; AS3100
<b>Características</b>	
Conexión CC	MC-4 sumergible (wet-mate)
Conexión CA	Protección del conector Ip67
Pantalla	LCD, 2 x 20 Z.
Interfaz	RS 485, WiFi/GPRS(opcional)
Garantía	5~10 años

## ANEXO E: FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO.

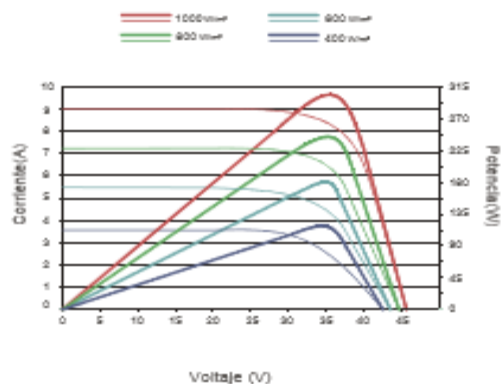
ESPECIFICACIONES	
Modelo	<b>SNM-P250-60</b>
Potencia Nominal	250W <sub>p</sub>
Tensión en el punto P <sub>máx</sub> - VMPP	30.9V
Corriente en el punto P <sub>máx</sub> - IMPP	8.09A
Tensión en circuito abierto - VOC	37.68V
Corriente de cortocircuito - ISC	8.89A
Eficiencia del módulo	15.4%
Temperatura de funcionamiento	-40°C ~ +85°C
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)
Valores máximos recomendados de los fusibles	15A
Coefficiente de temperatura de P <sub>MAX</sub>	-0.47%
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.389%
Coefficiente de temperatura de ISC	0.057%
Temperatura operacional nominal de célula	47 ± 2°C



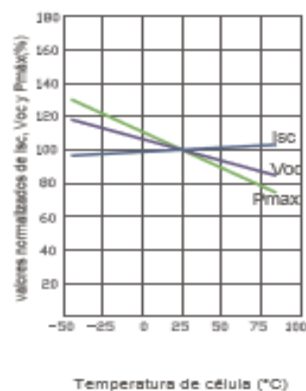


## CURVAS

Curvas de Intensidad- Tensión y potencia-tensión (305W)



Coefficiente de temperatura según Isc, Voc y Pmax



## ANEXO F: CÁLCULO DE PANELES.

		Radiación superf inclinada	Hora solar equiv Hse
	Días/mes	kW h/ m <sup>2</sup> día	Horas/días
<b>Enero</b>	31	7.45	7.45
<b>Febrero</b>	28	7.09	7.09
<b>Marzo</b>	31	6.32	6.32
<b>Abril</b>	30	5.12	5.12
<b>Mayo</b>	31	3.79	3.79
<b>Junio</b>	30	3.34	3.34
<b>Julio</b>	31	3.70	3.70
<b>Agosto</b>	31	4.35	4.35
<b>Septiembre</b>	30	5.53	5.53
<b>Octubre</b>	31	6.20	6.20
<b>Noviembre</b>	30	6.97	6.97
<b>Diciembre</b>	31	7.36	7.36

**Energía producida por panel**

Energía producida por panel = Hse \* Potencia panel

Energía producida por panel = 7.45 \* 250 = 1862.5 W h/día

**Energía producida por instalación**

Energía producida por instalación = Energía producida por panel \* N° de paneles

Energía producida por instalación = 1862.5 \* 8 = 14900 W h/día

**Energía producida por instalación**

Energía producida por instalación = Energía producida por instalación \* N° días  
mes/1000

Energía producida por instalación = (14900 \* 31) /1000 = 461.9 kW h/mes

**Excedente mensual (kW/mes)**

Ahorro mensual = Energía producida por instalación - Consumo mensual de la  
casa habitación

Ahorro mensual = 461.9 - 280 = 181.9 kW/mes

### **Ahorro mensual (\$/mes)**

Ahorro mensual = Consumo mensual de la casa habitación \* Costo EE

Ahorro mensual = 280 \* 125 = 35000 \$/mes

### **Venta mensual respecto valor de inyección de energía**

Venta mensual respecto valor de inyección de energía = Excedente Mensual \* Valor de inyección de energía

Ahorro mensual con respecto al valor de inyección de energía = 181.9 \* 68.61 = 12480 \$/mes

### **Evaluación flujo mensual**

Evaluación flujo mensual = Ahorro mensual + Venta mensual respecto valor de inyección de energía

Evaluación flujo mensual = 35000 + 12480 = 47480 \$/mes

### **% optimización producción**

% optimización producción = Venta mensual respecto valor de inyección de energía ÷ Evaluación flujo mensual \* 1

% optimización producción = 12480 ÷ 47480 \* 100 = 26 %

### **Método de cálculo de paneles con radiación solar equivalente**

Panel FV	SUN-L
Modelo	<b>SNM-P250-60</b>

Voc=	<b>37.68</b>	<b>Volt</b>
Isc=	<b>8.89</b>	<b>A</b>
Vmáx=	<b>30.9</b>	<b>Volts</b>
Imáx=	<b>8.09</b>	<b>A</b>
Potencia panel	<b>250</b>	<b>W</b>
Área panel	<b>1.63</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Costo EE	<b>125</b>	<b>\$/kW h</b>

		<b>Radiación superf inclinada</b>	<b>Radiación Horaria Sup inclinada</b>
	<b>Días/mes</b>	<b>kW h/ m<sup>2</sup> día</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>
<b>Enero</b>	31	7.45	1040
<b>Febrero</b>	28	7.09	1020
<b>Marzo</b>	31	6.32	930
<b>Abril</b>	30	5.12	770
<b>Mayo</b>	31	3.79	590
<b>Junio</b>	30	3.34	530
<b>Julio</b>	31	3.70	580
<b>Agosto</b>	31	4.35	660
<b>Septiembre</b>	30	5.53	820
<b>Octubre</b>	31	6.20	890
<b>Noviembre</b>	30	6.97	980
<b>Diciembre</b>	31	7.36	1010

**Peor caso invierno (Junio)****G = Radiación solar equivalente****Ed = Energía demandada**

$$\text{Área} = \frac{Ed}{G}$$

$$\text{Área} = \frac{1950 \text{ W}}{530 \text{ W/m}^2} = 3.68 \text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de paneles} = \frac{\text{Área}}{\text{Área panel}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de paneles} = \frac{3.68 \text{ m}^2}{1.6 \text{ m}^2} = 2.3 \approx 3$$

N° de paneles = 3 paneles

**Mejor caso verano (Enero)****G = Radiación solar equivalente****Ed = Energía demandada**

$$\text{Área} = \frac{Ed}{G}$$

$$\text{Área} = \frac{1950 \text{ W}}{1040 \text{ W/m}^2} = 1.875 \text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de paneles} = \frac{\text{Área}}{\text{Área panel}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de paneles} = \frac{1.875 \text{ m}^2}{1.6 \text{ m}^2} = 1.17 \approx 2$$

Nº de paneles = 2 paneles

Con este método de cálculo de número de paneles se puede observar que el número es muy bajo, ya que esto se debe que la dimensión del panel no corresponde a la superficie total de las celdas por lo tanto los fabricantes no informan la superficie real de las celdas.

## **ANEXO G: COTIZACIÓN DE INSUMOS DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO COMERCIAL COSMOPLAS.**

Código	Descripción	Cant	Precio Lista	Dcto %	Precio Neto	Total
224264	Panel Policristalino 250Wp SNM-250P-60	8	\$ 162.273	20	129.818,38	\$ 1.038.547
223963	Inversor FV Ongrid 2.5Kw Monofasico Solis-2.5K-2G	1	\$ 656.861	20	525.489,00	\$ 525.489
226901	Cable Solar 4mm 2 Negro 1 metro	100	\$ 949	20	759,20	\$ 75.920
226904	Cable solar 6mm 2 Rojo 1 metro	100	\$ 1.333	20	1.066,40	\$ 106.640
224279	Medidor Bidireccional Monofasico HXE12RB 10(5)A 50Hz 220V"	1	\$ 43.905	20	35.124,00	\$ 35.124
224443	Perfil montaje Panel FotoVoltaico 47 x 30, longitud 6200mm	2	\$ 59.124	20	47.299,00	\$ 94.598
226011	END CLAMPS SUNFER	4	\$ 1.210	20	968,00	\$ 3.872
226012	MIDDLE CLAMPS SUNFER	14	\$ 1.382	20	1.105,57	\$ 15.478
224512	KIT FIJADOR PARA TECHOS PLANCHAS Y ZINC	2	\$ 7.199	20	5.759,00	\$ 11.518
					Valor Neto	<b>\$1.907186</b>
					IVA	<b>\$362.365</b>
					Total	<b>\$2.269.551</b>

**ANEXO H: COTIZACIÓN DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EMPRESA RIO VALLE.**



Código	Descripción	Cant	Precio Lista	Dcto %	Precio Neto	Total
<b>22038</b>	<b>Instalación sistema On-Grid</b>	<b>1</b>	<b>\$400000</b>	<b>10</b>	<b>\$360000</b>	<b>\$360000</b>
					Valor Neto	<b>\$360000</b>
					IVA	<b>\$68400</b>
					Total	<b>\$428400</b>

**ANEXO I: CUADRO DE ENERGÍA PRODUCIDA POR INSTALACIÓN Y AHORRO.**

Cálculo de paneles		
Panel FV	SUN-L	
Modelo	SNM-P250-60	
Nº Paneles	8	
V <sub>ov</sub> =	37.68	Volt
I <sub>sc</sub> =	8.89	A
V <sub>máx</sub> =	30.9	Volts
I <sub>máx</sub> =	8.09	A
Potencia panel	250	W
Área panel	1.63	m <sup>2</sup>
Costo EE	125	\$/kW h
Valor de inyección de energía	68,61	\$/kW h



	Días/mes	Radiación superf inclinada	Hora solar equiv	Energía producida por panel	Energía producida por instalación	Energía producida por instalación	Consumo mensual de la casa habitación	Excedente Mensual	Ahorro mensual	Venta mensual respecto valor de inyección de energía	Evaluación flujo mensual	% optimización producción
		kw h/ m² día	Hse	W h/día	W h/día	kw h/mes	kw h/mes	kw/mes		\$/mes		
Enero	31	7,45	7,45	1862,5	14900	461,9	280	181,9	\$35.000	\$12.480	\$47.480	26%
Febrero	28	7,09	7,09	1772,5	14180	397,04	462	-65,0	\$57.750	-\$4.457	\$53.293	-8%
Marzo	31	6,32	6,32	1580	12640	391,84	488	-96,2	\$61.000	-\$6.598	\$54.402	-12%
Abril	30	5,12	5,12	1280	10240	307,2	305	2,2	\$38.125	\$151	\$38.276	0%
Mayo	31	3,79	3,79	947,5	7580	234,98	195	40,0	\$24.375	\$2.743	\$27.118	10%
Junio	30	3,34	3,34	835	6680	200,4	170	30,4	\$21.250	\$2.086	\$23.336	9%
Julio	31	3,7	3,7	925	7400	229,4	150	79,4	\$18.750	\$5.448	\$24.198	23%
Agosto	31	4,35	4,35	1087,5	8700	269,7	137	132,7	\$17.125	\$9.105	\$26.230	35%
Septiembre	30	5,53	5,53	1382,5	11060	331,8	140	191,8	\$17.500	\$13.159	\$30.659	43%
Octubre	31	6,2	6,2	1550	12400	384,4	223	161,4	\$27.875	\$11.074	\$38.949	28%
Noviembre	30	6,97	6,97	1742,5	13940	418,2	162	256,2	\$20.250	\$17.578	\$37.828	46%
Diciembre	31	7,36	7,36	1840	14720	456,32	164	292,3	\$20.500	\$20.056	\$40.556	49%
											\$442.325	

**Precios para Valorización de Inyecciones de Energía**

Para efectos de la valorización de las inyecciones de energía indicadas en el artículo 149 bis del DFL No 4 de 2006 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, los precios a contar del 01.01.2017 son los que a continuación se indican, valores que no incluyen el Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.). Asimismo, de conformidad a lo establecido en el artículo 149 quinqués, estos valores no se encuentran afectos a IVA, con las excepciones establecidas en ese mismo artículo.

Sector	Colema-Cobruco-San Nicolás	Chilán	Chilán Viejo	San Carlos	Ninhue-Portezuelo-San Fabián-Treguaico	Pinto	Florida	Cobquecura	Ránquil	Bulnes	El Carmen - San Ignacio	Pemuco	Quilón	Tomé	Quirihue
Área Típica	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Tipo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo	Aéreo
<b>PRECIOS DE ENERGÍA</b>															
Para clientes en opciones tarifarias BT (\$/kWh)	68,161	68,161	68,161	68,161	68,161	68,161	68,161	68,161	61,338	68,161	68,161	68,161	68,161	68,161	68,161
Para clientes en opciones tarifarias AT (\$/kWh)	62,949	62,949	62,949	62,949	62,949	62,949	62,949	62,949	56,648	62,949	62,949	62,949	62,949	62,949	62,949

<b>IPC 2018</b>	<b>2,60%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$380.044,67</b>
<b>PRI</b>	<b>Período de recuperación de la inversión</b>
<b>PRI</b>	<b>(Año inicial + (inversión inicial - flujo acumulado))/VAN</b>
<b>PRI</b>	<b>5,94</b>

**ANEXO J: CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO.****IPC** = Índice de Precios al Consumidor

IPC = 2.60%

**VAN** = Valor Actual Neto

Demostración de formula

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

VAN = \$380.044

**Inversión inicial del sistema fotovoltaico On-Grid**

Inversión inicial = \$2.697.951

**Flujo acumulado**

Flujo acumulado = \$442325

**Período de recuperación de la inversión**

Período de recuperación de la inversión = (Año inicial + (inversión inicial - flujo acumulado))/VAN

Período de recuperación de la inversión = ( 1 + (2697951 – 442325)) / 380044

Período de recuperación de la inversión = 5.94 ≈ 6