



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

# “Propuesta y Diseño de Maqueta de Sistema Fotovoltaico para Centro ERNC”

**AUTORES:**  
PÉREZ MELLA, JUAN CARLOS  
GONZÁLEZ LARA, HUGO EDGARDO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELECTRICIDAD  
CONCEPCIÓN-CHILE  
2015



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

# “Propuesta y Diseño de Maqueta de Sistema Fotovoltaico para Centro ERNC”

**AUTORES:**

PÉREZ MELLA, JUAN CARLOS  
GONZÁLEZ LARA, HUGO EDGARDO

**PROFESORES GUÍA:**

SALGADO DÍAZ, FABRICIO  
SILVA OYARZÚN, LUIS  
CONCHA FUENTES, PATRICIO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELECTRICIDAD  
CONCEPCIÓN-CHILE  
2015

## INDICE

<b>OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC) Y SU IMPACTO SOCIAL.</b>	<b>8</b>
1.1 PROBLEMAS GLOBALES DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA.	8
1.2 LA ENERGÍA Y EL SER HUMANO.	8
1.3 QUE SE ENTIENDE POR ERNC.	9
1.4 HISTORIA DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EL PRIMER PASO PARA LA ENERGÍA SOLAR.	10
1.5 ERNC Y SU COMPARATIVA CON LAS ENERGÍAS CONVENCIONALES.	12
1.6 MATRIZ ENERGÉTICA EN CHILE.	13
1.7 FOMENTO A LAS ERNC.	14
1.7.1 PROTOCOLO DE KIOTO.	14
1.7.2 LEY HORVATH SOBRE EL NET METERING (NET BILLING).	15
1.7.3 MODIFICACIÓN A LA LEY N° 20.257.	15
<b>CAPÍTULO 2. TIPOS DE ERNC: ENERGÍA FOTOVOLTAICA.</b>	<b>17</b>
2.1 ENERGÍA SOLAR.	17
2.2 TIPOS DE ENERGÍA SOLAR.	19
2.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.	20
2.4 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.	22
2.5 COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.	22
2.5.1 CELDAS FOTOVOLTAICAS.	22
2.5.1.1 GENERACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS.	24
2.5.1.2 TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS.	25
2.5.2 PANEL FOTOVOLTAICO.	28
2.5.3 BATERÍAS.	29
2.5.3.1 TIPOS DE BATERÍAS.	30
2.5.4 REGULADOR DE CARGA.	31
2.5.5 INVERSOR.	31
2.6 APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.	33
2.6.1 SISTEMAS AISLADOS DE LA RED ELÉCTRICA.	35
2.6.2 SISTEMAS CONECTADOS A LA RED.	36
2.6.3 SISTEMAS HÍBRIDOS.	39
2.7 VENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.	39
2.8 DESVENTAJA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.	40
2.9 COSTOS Y MANTENIMIENTO.	41
<b>CAPÍTULO 3. NORMATIVA DE INSTALACIÓN PARA PROYECTOS DE GENERACIÓN RENOVABLE.</b>	<b>43</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.	43
3.2 NORMATIVA PARA PROYECTOS FOTOVOLTAICOS.	44
3.2.1 NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2902.OF2004.	44
3.2.2 NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2927.OF2005.	45
3.2.3 NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2898.OF2004.	46

3.2.4	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2896.OF2004.	46
3.2.5	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2978.OF2005.	47
3.2.6	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2970.OF2005.	48
3.2.7	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2940/24.OF2005.	49
3.2.8	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2930/1.OF2004.	50
3.2.9	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2903/2.OF2004.	50
3.2.10	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2903/3.OF2004.	51
3.2.11	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2903/10.OF2004.	52
3.2.12	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2925.OF2005.	53
3.2.13	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2922.OF2005.	54
3.2.14	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2956.OF2005.	54
3.2.15	NORMA CHILENA OFICIAL: NCH2976.OF2005.	55
<b>CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA INSTALACIÓN</b>		
<b>FOTOVOLTAICA PARA CENTRO ERNC EN UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO.</b>		<b>57</b>
4.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL EMPLAZAMIENTO.	57
4.1.2	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL EMPLAZAMIENTO PARA UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR.	58
4.1.3	TERMINOLOGÍA Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES.	59
4.1.4	ANÁLISIS SOLAR.	61
4.2	BLOQUES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.	64
4.3	CALCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.	66
4.3.1	SELECCIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO.	69
4.3.2	CALCULO DEL BANCO DE BATERÍAS.	70
4.3.3	CALCULO DEL REGULADOR DE CARGA.	71
4.3.4	CALCULO DEL INVERSOR.	72
4.3.5	CONDUCTORES A UTILIZAR PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS POR LA SEC.	73
4.3.5.1	SECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS.	76
4.3.5.2	SELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE PARA LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.	78
4.4	DISEÑO Y COSTOS DE LA ESTRUCTURA PARA EL CENTRO ERNC FOTOVOLTAICO EN U. DEL BIOBIO.	81
4.5	COTIZACIÓN DEL PROYECTO DE LOS EQUIPOS Y HORAS-HOMBRE.	83
4.6	VALORES DE LOS EQUIPOS.	84
4.6.1	PANEL FOTOVOLTAICO.	84
4.6.2	BATERÍA.	84
4.6.3	REGULADOR DE CARGA.	84
4.6.4	INVERSOR.	85
4.6.5	COSTO TOTAL DE LOS EQUIPOS.	85
<b>COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.</b>		<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>		<b>87</b>
<b>ANEXO A.</b>		<b>88</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS</b>		<b>89</b>
<b>ANEXO B.</b>		<b>96</b>
<b>COTIZACIÓN DE LOS EQUIPOS.</b>		<b>97</b>
<b>ANEXO C.</b>		<b>101</b>
<b>LEY 20571 Y LEY 20257.</b>		<b>102-107</b>

## **Objetivos generales**

---

- Dar a conocer la normativa nacional vigente con respecto a la instalación fotovoltaica
- Describir los sistemas de generación fotovoltaica, desde sus orígenes, formas de funcionamiento, elementos que los componen y la factibilidad en la generación, realizando estudios teóricos y prácticos sobre el funcionamiento y su comportamiento
- Cotizar y seleccionar los equipos asociados al sistema indicado y sus accesorios según especificaciones del proyecto.

## **Objetivos específicos**

---

- Propuesta y diseño de un sistema fotovoltaico de acuerdo a los estándares, para ser instalado en un centro de ERNC.
- Realizar un análisis económico para la implementación y diseño de un sistema fotovoltaico de generación incluyendo su estructura de soporte.

## Resumen

---

Este trabajo tiene por objetivo el diseño y propuesta de una maqueta de energía renovable no convencional para centro ERNC- sistema fotovoltaico en la Universidad del Bío-Bío concepción, a partir de energía solar fotovoltaica, la implementación de energías renovables no convencionales, admite generar nuevos conocimientos en cuanto a la tecnología que nos entregan estos sistemas, comparado con sistemas que generan electricidad utilizando combustibles fósiles, es por ello que se plantea la realización del diseño de un sistema a base de energía solar fotovoltaica, la cual constituye uno de los módulos que estudiantes podrán ocupar y analizar para tener un primer acercamiento con este tipo de tecnologías que analice los temas en cuestión con la capacidad de solventar la necesidad de mantenerse en el progreso tecnológico y a la vanguardia Universitaria.

Este estudio está hecho en base a registros de irradiancia solar en el territorio Chileno que están certificados por la Comisión Nacional de Energía y en él se podrá encontrar la forma de desarrollar un proyecto ERNC fotovoltaico en la universidad del Bío-Bío.

Además de la selección de los equipo, se indica la orientación que debe tener el panel fotovoltaico para obtener un mejor aprovechamiento del recurso solar

Por otro lado se seleccionan, cotizan y valorizan los componentes básicos del sistema, tales como: panel fotovoltaico, batería, regulador e inversor. Por último se señala el diseño y estructura del sistema ERNC fotovoltaico con sus componentes.

## **Introducción**

---

Esta memoria describe los pasos y elementos necesarios en cada uno de sus capítulos, para generar un espacio educativo a nivel universitario en cuanto a la energía renovable fotovoltaica, que se pueden emplear a cambio de generaciones eléctricas antiguas, contaminantes y costosas.

En el Capítulo 1, se hará referencia a la importancia de las ERNC y su impacto social, la relevancia de su participación en la disminución de los costos de generación, los efectos que causa su presencia a nivel social, la situación actual del sector eléctrico nacional y las leyes que promueven este tipo de tecnologías.

En el Capítulo 2, se describen los sistemas fotovoltaicos, los fundamentos de la energía solar, los principios de funcionamiento de las celdas fotovoltaicas, elementos que lo componen.

En el Capítulo 3, una referencia a la normativa vigente para el sistema de generación fotovoltaica en Chile, agregando una breve descripción de su contenido.

En el Capítulo 4, se seleccionan, cotizan y valorizan los componentes básicos de un sistema fotovoltaico de acuerdo a los estándares tales como: panel, batería, regulador e inversor. Por último se señala la estructura y diseño para montar el panel fotovoltaico.

## **CAPÍTULO 1. Energías Renovables no convencionales (ERNC) y su impacto social**

---

### **1.1 Problemas globales de abastecimiento de energía**

---

Nuestro planeta recibe del sol una cantidad de energía aproximadamente 1,6 millones KWH, de los cuales solo el 40 % es aprovechable, una cifra que representa varios de cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable. El aprovechamiento energético está entonces condicionado por la intensidad de la radiación solar recibida por la tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida y a las condiciones climatológicas del lugar. Se define energía solar a aquella que mediante conversión a calor o electricidad se aprovecha de la radiación proveniente del sol.

Esta fuente de energía tiene varias importantes ventajas sobre otras y que, para su aprovechamiento, también representa varias dificultades. Entre sus ventajas se destacan principalmente su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de la polución.

Pero para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza interminable, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia. Estas dificultades conllevan entonces la necesidad de transformarla a otra forma de energía para su almacenamiento y posterior uso. La baja densidad de potencia resulta en que es una fuente extensiva, esto es para mayor potencia, mayor extensión de quipos de conversión. La ingeniería solar precisamente se ocupa de asegurar el suministro confiable de esta energía para el usuario teniendo en cuenta estas características.

### **1.2 La energía y el ser humano**

---

Durante miles de años la leña fue la fuente de energía más importante para los humanos.

El descubrimiento de nuevas fuentes energéticas ha permitido grandes saltos y avances en el desarrollo de nuestras necesidades. Sin embargo, los combustibles fósiles son agotables.

Hay estudios que señalan que el petróleo solo durara unos 40 años más.



El “Roadmap 2050”, una iniciativa de la European Climate Foundation (ECF), muestra que las ERNC son una apuesta viable para nuestro futuro.

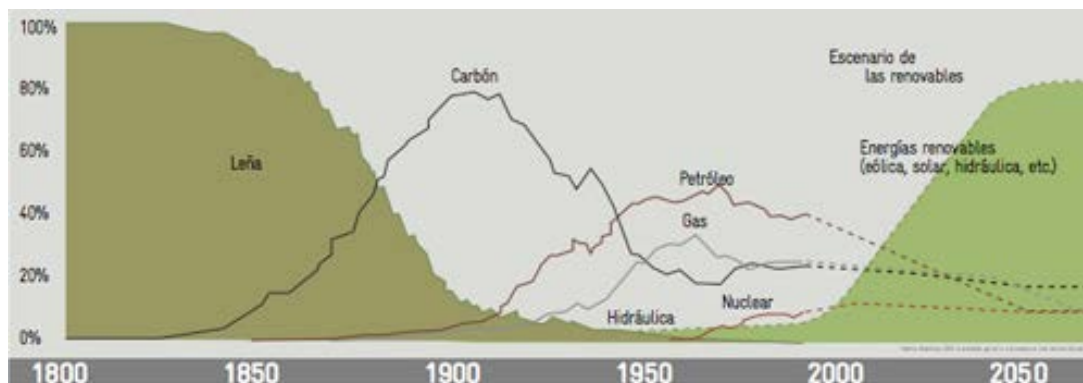


Figura 1.1 Energías convencionales v/s ERNC

### 1.3 Que se entiende por ERNC

Las energías renovables engloban una serie de fuentes de energías que se consideran inagotables en teoría a escala humana, ya que se producen continuamente con el paso del tiempo. Estas fuentes son una alternativa a las otras llamadas convencionales y producen un impacto ambiental mínimo.

Casi la totalidad de las energías renovables provienen del sol, a excepción de la geotermia que proviene de la Tierra, la energía solar proviene directamente de la luz y el calor producidos por la radiación solar, en cambio las otras energías como la eólica, mareas, hidráulicas, olas y biomasa se relacionan de manera indirecta con el Sol, al igual que provoca la evaporación del agua para la caída de la lluvia y el crecimiento de las plantas mediante la fotosíntesis y su posterior descomposición.

La comisión nacional de energía de Chile (CNE), define las energías renovables no convencionales (ERNC) como aquellas que se caracterizan por sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil, que no se consumen ni se agotan en una escala humana, a diferencia de lo que ocurre con las energías fósiles. Esta definición incluye a la energía eólica, las pequeñas hidroeléctricas (centrales de hasta 20 MW), la energía obtenida de biomasa y biogás, la energía geotérmica, la energía solar y la mareomotriz.

De este último punto es en donde se genera un debate con respecto a la inclusión de ciertas energías dentro del concepto de ERNC, ejemplo de ello son la combustión paralela de biomasa en las centrales térmicas y la limitación de acreditarse como renovable a las centrales mini-hidráulicas de pasada de más de 40 MW, recordemos que la normativa solo las comprende como renovables hasta los 20 MW y de forma parcial hasta 40 MW. Con respecto a ello, este tipo de energía es una combinación entre energías primarias renovables y tecnologías de desarrollo energético, que poseen un bajo impacto ambiental y no están presentes de manera importante en los mercados eléctricos nacionales. Son fuentes de abastecimiento que respetan el medio ambiente. Lo que no significa que no ocasionen efectos negativos sobre el entorno, pero éstos son infinitamente menores si los comparamos con los impactos ambientales de las energías convencionales.

Las tecnologías para el aprovechamiento de estas variadas fuentes de energía se han ido desarrollando fuertemente en los últimos años, mayoritariamente por países Europeos, los Estados Unidos y algunos países Asiáticos.

Las ERNC han ido cobrando cada vez mayor relevancia en el contexto internacional, ya representan modos de energía que generan menores emisiones contaminantes que las producidos por las fuentes de energía, e incluso que las fuentes de energía renovables convencionales. Es de este modo que varios países en el mundo han establecido políticas de incentivo y de obligatoriedad para la diversificación de la matriz energética, dando pie al desarrollo e implementación de una gran variedad de ERNC.

#### **1.4 Historia de la energía fotovoltaica el primer paso para la energía solar**

El primero en observar el efecto fotovoltaico fue el físico francés, Alexandre-Edmond Becquerel en 1839, mientras realizaba trabajos con una pila electrolítica de dos electrodos sumergidos en una sustancia electrolítica. Observó que ésta al ser expuesta a la luz aumentaba su generación de electricidad.

No fue hasta 1883 que el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1%. La primera celda solar fue construida utilizando como semiconductor el Selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta

celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. Las aplicaciones de la celda de Selenio fueron utilizadas para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas. La celda que actualmente es utilizada es la de Silicio creada por el inventor norteamericano Russell Ohl. Fue construida en 1940 y patentada en 1946. (Pep Puig, Marta Jofra, 2007).

La época moderna de la celda de Silicio llega en 1954 cuando Gerald Pearson de Laboratorios Bells, mientras experimentaba con las aplicaciones en la electrónica de silicio fabricó casi accidentalmente una célula fotovoltaica basada en este material que resultaba mucho más eficiente que cualquiera hecha de selenio. A partir de este descubrimiento, otros dos científicos también de Bell, Daryl Chaplin y Calvin Fuller perfeccionaron este invento y fabricaron células solares de silicio capaces de proporcionar suficiente energía eléctrica como para que pudiesen obtener aplicaciones prácticas de ellas.

Con la llegada de la carrera espacial se acelera la investigación de las celdas fotovoltaicas debido a la necesidad de proveer de energía a los satélites en el espacio. La NASA destinó grandes sumas de dinero en el desarrollo de esta tecnología. Durante estos años las celdas fotovoltaicas ya contaban con un rendimiento del 8%.

El 17 de Marzo de 1958, finalmente, se lanza el Vanguard I, el primer satélite alimentado con paneles solares fotovoltaicos. La celda fotovoltaica que contaba éste satélite generaba 0,1W en una superficie aproximada de 100 cm<sup>2</sup> para alimentar un transmisor de 5 mW. Si bien en este satélite, los paneles solares eran sólo la fuente de energía de respaldo, acabaron por convertirse en la fuente principal cuando las baterías consideradas fuente de alimento principal se agotaron en tan solo 20 días. El equipo estuvo operativo con esa configuración por 5 años.

En 1973 investigadores de Exxon (entonces denominada Esso) sorprendieron a todo el mundo al anunciar que su filial Solar Power Corporation comercializaba módulos fotovoltaicos que serían competitivos con otras fuentes de energía en aplicaciones terrestres. Solar Power Corporation comenzó a investigar para reducir el coste de fabricación de las células. Empezaron por utilizar, no silicio cristalino puro, como el utilizado en la industria de los semiconductores, sino silicio de rechazo de esta industria.

Así lograron fabricar módulos a un coste de 10 [US\$/W], que se vendían a 20 [US\$/W]. Los primeros mercados masivos de células fotovoltaicas se desarrollaron en primer lugar en torno a aplicaciones aisladas de la red eléctrica: señalización marítima mediante boyas luminosas, señalización ferroviaria, antenas de comunicaciones (telegrafía, telefonía, radio, TV, etc.).

### 1.5 ERNC y su comparativa con las energías convencionales

---

Las ventajas que ofrecen las ERNC pueden ser muchas, y quizás, es por ello que se está buscando intensamente como desarrollarlas a mayor escala y lograr diversificar la matriz energética de los países, que buscan en las ERNC la forma de sustentar de mejor forma su sistema eléctrico, y así bajar los niveles de consumo de combustibles fósiles con el beneficio propio del costo económico que conlleva la importación de este. Del mismo modo se busca tener mejores índices medioambientales, de ahí el término “energías limpias” o “energías verdes”, ya que el impacto medio ambiental de la generación por vías convencionales es 31 veces mayor al impacto que generan las ERNC. A continuación se presentará un cuadro comparativo entre las ERNC v/s las convencionales.

Tabla 1.1: Cuadro comparativo ERNC y Energías Convencionales.

<b>ERNC</b>	<b>Energías Convencionales</b>
Son energías limpias, no generando gases contaminantes.	Contaminan y poseen emisiones de gases de efecto invernadero, debido a la combustión de combustibles fósiles.
Son inagotables, ya que utilizan recursos naturales renovables.	Son limitados, debido a que utilizan combustibles fósiles en la generación y escasez de embalses de agua para las hidroeléctricas.
Suministro de potencia variable no incluyendo la Biomasa y la Geotérmica.	Libre disposición de energía, generación continua.
Son recursos soberanos y no es necesario importarlos.	Obliga a la importación y compra de insumos para la generación.
Favorecen la regionalización y poseen fácil convivencia con el entorno.	Poseen gran impacto territorial y visual.

## 1.6 Matriz energética en Chile.

En el país la brecha de las ERNC sobre las de generación en base a combustibles fósiles es importante, en la actualidad es mucho menor comparada con el nivel de generación de centrales térmicas y las grandes centrales hidroeléctricas, según fuentes del Ministerio de Energía el año 2011 entraron en operación 42 proyectos mini hidráulicos, 9 parques eólicos y 16 centrales de biomasa, una cifra demasiado inferior frente a los cientos de proyectos presentados y ya aprobados que aún no están en curso, con respecto a ello y para describir mejor este fenómeno cabe decir que el año 2011 apenas entraron al sistema 116 MW de potencia proveniente de las energías llamadas verdes, lo que alcanzó un total de 720 MW de capacidad instalada en todo el país, cifra que a su vez refleja poco más del 4% de la suma de los sistemas del SIC-SING. Actualmente hay 3.400 MW en proyectos aprobados en donde solo el 7% está en construcción, es decir, 242 MW. Un gran contraste con países desarrollados en donde las políticas de desarrollo energético tienen un avance significativo, países en donde su matriz energética alcanza altos niveles, Dinamarca 30%, Alemania 12% y Suecia 10% en base a ERNC. Una de las cifras rescatable es que al año 2011 la base del 10% que impuso la Ley 20.257 se ha cumplido con creces.

Tabla 1.2: Estado actual de los proyectos ERNC (MW), de generación en Chile  
Fuente, CIFES, CEA, CDEC, CNE, 31 de enero 2015

Tecnología	Operación	Construcción	RCA aprobada, sin construir	En calificación
Biomasa	422	0	134	69
Biogás	43	0	1	8
Eólica	832	165	5513	1960
Mini Hidraulica	368	57	137	215
Solar-PV	452	748	8173	4792
Solar-CSP	0	110	760	370
Geotermia	0	0	120	0
Total	2117	1080	15037	7413

En resumidas cuentas, existe la necesidad de aumento del fomento de estas tecnologías, ¿por qué no se está invirtiendo?, es la pregunta que cabe hacer, y para ello es que se están haciendo modificaciones legales en donde se espera que muestren el atractivo a los ojos de inversionistas, existiendo un potencial enorme en el país.

## **1.7 Fomento a las ERNC.**

---

El fomento a las ERNC habla de la instauración de mecanismos legales a través de procesos políticos para la toma de medidas de descongestión ambiental, junto con ello abrir el espectro de tipos de generación alternativas renovables, para las naciones en donde son cada día más comunes los altos índices de contaminación. Esto va enfocado sobre todo a países con un alto nivel de crecimiento, causantes directos de los efectos del calentamiento global en el planeta.

### **1.7.1 Protocolo de Kioto.**

---

A nivel internacional existen tratados de cooperación entre países que buscan crear conciencia sobre lo perjudicial del calentamiento global, se estima que el año 2100 la temperatura se incremente en 1,4°C a 5,8 °C, es por ello que este acuerdo entra en vigencia finalmente el año 2005 con la ratificación de Rusia. En este acuerdo los países integrantes se comprometen a reducir en un 5% promedio sus emanaciones de gases de efecto invernadero entre los periodos 2008-2012 en donde se toma como referencia los niveles del emisión del año 1990, aunque Chile no es parte de este tratado por ser un país en vías de desarrollo y necesitar de la industrialización para poder crecer, igual un conjunto de empresas han empezado a trabajar en el “Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), este elemento es clave dentro del protocolo de Kioto. Este protocolo fue ratificado por 128 naciones, cabe destacar que Estados Unidos en un principio la firmo y después no lo ratifico, siendo uno de los países que más contamina a nivel industrial. Chile por su parte bajo el mando de la presidenta Michell Bachelet ha ratificado para este año el compromiso suscrito en 2009 en Copenhague de reducir un 20% de las emisiones a verificar el año 2020 a través de determinadas políticas y estrategias en el país.

### **1.7.2 Ley Horvath sobre el Net Metering (Net Billing)**

---

Actualmente el consumo eléctrico residencial alcanza un 16 %, con respecto a ello las ERNC se han ido desarrollando paulatinamente lo que ha permitido un acercamiento de estas tecnologías a los residentes, el costo de dichas tecnologías ha ido disminuyendo con lo que muchas personas pueden hoy en día, sobre todo en sectores rurales, tener una pequeña instalación en el hogar para su consumo propio. Uno de los últimos hitos dentro de las políticas de desarrollo energético sustentable, es la aprobación en enero de 2012 de la Ley de cogeneración domiciliar o Net Metering impulsada por el Senador Antonio Horvath, Esta iniciativa permite que los generadores pequeños, y residenciales descuenten de su boleta o factura, los consumos de energía eléctrica y también reciban un ingreso por la producción neta que entreguen a la red de distribución, esta ley traerá como beneficios la descentralización de la producción lo que generara un sistema mucho menos vulnerable y más estable, otro beneficio es la libre competencia, que nos dará la opción de elegir más adelante que tipo de energía consumir, verde o contaminante, por verse incrementado el número de competidores domésticos o empresas en la generación y venta de energía. Por último la eliminación de las baterías, uno de los puntos más críticos de la producción de energía verde es el uso de baterías, que son costosas y tienen una huella ecológica gigantesca, tanto en su producción como cuando son desechadas. El uso del sistema de “Net Metering” da la posibilidad de eliminar las baterías, traspasando nuestra electricidad sobrante al sistema, para posteriormente, cuando la necesitemos, tomarla del mismo. Este será un gran incentivo por que los consumidores residenciales podrán ver en esta ley un beneficio económico y tener un ingreso por inyectar electricidad a la red.

### **1.7.3 Modificación a la Ley N° 20.257.**

---

A nivel local existe la promulgación de la ley n° 20.257 extracto:

“...Artículo 150° bis.- Cada empresa eléctrica que efectúe retiros de energía desde los sistemas eléctricos con capacidad instalada superior a 200 mega watts para comercializarla con distribuidoras o con clientes finales, estén o no sujetos a regulación de precios, deberá acreditar ante la Dirección de Peajes del CDEC respectivo, que una cantidad de energía

equivalente al 10% de sus retiros en cada año calendario haya sido inyectada a cualquiera de dichos sistemas, por medios de generación renovables no convencionales, propios o contratados...”, se espera que esto marque la tendencia a la masificación de estos sistemas de generación, a medida que pase el tiempo se piensa que su aumento será de forma paulatina y no se descarta que surjan nuevas modificaciones a esta ley, de forma que existan nuevos intereses de parte de privados.



## **CAPÍTULO 2. Tipos de ERNC: energía fotovoltaica**

---

Existen varios tipos de ERNC definidas en la Ley 20.257 (INTRODUCE MODIFICACIONES A LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS RESPECTO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES).

Estas energías son:

Energía solar

Energía eólica

Energía geotérmica

Energía mini hidráulica

Energía marina

Bioenergía

### **2.1 Energía solar**

---

La mayor fuente de energía con la que cuenta nuestro planeta es la proveniente del sol, que alcanza en promedio  $1.360 \text{ W/m}^2$  en la capa exterior de la atmósfera. La energía solar es la energía radiante producida en el sol como resultado de reacciones nucleares de fusión, en las cuales átomos de hidrógenos se convierten helio. Ésta se transmite a través de las ondas electromagnéticas presentes en los rayos de sol, las cuales son generadas en forma continua y emitida permanentemente al espacio, cubriendo, entre otros, a nuestro planeta. Cerca del 70% de la energía solar recibida por la tierra es absorbida por la atmósfera, la tierra y por los océanos, y el otro 30% es reflejado por la atmósfera de regreso al espacio. Esta radiación está compuesta de luz y calor. La energía solar que recibe la superficie del planeta en una hora es equivalente al total de energía consumida por todos los humanos en un año. El sol ha brillado ya durante cinco mil millones de años, todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia. También que, si no seguimos al ritmo que llevamos, cada año arroja sobre la Tierra una energía cuatro mil veces mayor de la que necesitamos. Una energía tan inmensa que es la

responsable de la vida de todos los organismos y de los flujos de la atmósfera y los océanos. Por otro lado la energía solar es una fuente de energía renovable, inagotable, limpia, sustentable en el tiempo y de la que podemos obtener calor y electricidad.

El denominado Cinturón de Sol, que va desde los 35°N hasta los 35°S, alcanza a cubrir casi la mitad del país, posibilitando el desarrollo de tecnologías de energía solar en esta área, con un potencial prácticamente ilimitado desde el punto de vista del recurso. Además, las zonas del desierto otorgan grandes extensiones de tierras disponibles. Se estima que el potencial bruto de capacidad instalable, que posee Chile para generación de energía eléctrica a partir de energía solar es de 100.000 MW.

Para cuantificar la radiación solar se utilizan dos magnitudes que corresponden a la potencia y a la energía de la radiación que llegan a una unidad de superficie, se denominan irradiancia y radiación y sus definiciones y unidades son las siguientes:

**IRRADIANCIA:** Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. Esta energía depende, principalmente, de la hora del día, la inclinación de los rayos del sol y la cobertura de las nubes. Su unidad de medida en el sistema internacional es  $W/m^2$ . Bajo condiciones óptimas se puede asumir un valor aproximado de irradiancia de  $1000 W/m^2$  en la superficie terrestre. Su valor máximo se encuentra en el perihelio (lugar donde un planeta se encuentra más cercano al sol) y corresponde a  $1395 W/m^2$ , mientras que el valor mínimo se encuentra en el afelio (lugar donde un planeta se encuentra más lejano al sol) y es de  $1308 W/m^2$ .

**RADIACIÓN:** Integración o suma de las irradiancias en un periodo de tiempo determinado. Es la cantidad de energía solar recibida durante un periodo de tiempo. Se mide en  $J/m^2$  por un periodo de tiempo ( $J/m^2$  por hora, día, semana, mes, año, etc., según el caso). Ahora bien, la potencia de la radiación depende del momento del día, las condiciones atmosféricas y la ubicación. Esta radiación puede llegar a la tierra en forma directa o difusa.

**RADIACIÓN DIRECTA:** es aquella que llega directamente del Sol hasta algún objeto o superficie terrestre, sin reflexiones o refracciones en su recorrido. Este tipo de radiación

puede reflejarse y concentrarse para su utilización. Además se caracteriza por producir sombras bien definidas de los objetos que se interponen en su trayecto.

**RADIACIÓN DIFUSA:** corresponde a la radiación emitida por el sol y que sufre alteraciones en su recorrido desde que ingresa a la atmosfera, siendo reflejada por partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, etc., o absorbida por las nubes. Producto de las constantes reflexiones va perdiendo energía. No proyecta sombra de los objetos que se interponen en su recorrido. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven pueden ver el cielo en todas la direcciones, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.

La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. En un día despejado, la radiación directa es mucho mayor que la radiación difusa.

Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación incidente corresponde a radiación difusa.

## **2.2 Tipos de energía solar**

---

Existen distintos tipos de tecnologías para recoger y aprovechar los rayos del sol que cada día emite sobre la tierra para generar energía que dan lugar a los distintos tipos de energía solar que se mencionan a continuación:

**ENERGÍA SOLAR PASIVA:** aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos.

**ENERGÍA SOLAR TÉRMICA:** aprovecha la energía calórica del sol para calentar algún tipo de fluido a baja temperatura, normalmente agua, para uso sanitario y calefacción, los sistemas utilizados para esto se denominan colectores solares.

**ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA:** aprovecha la energía lumínica del sol para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar, estos sistemas se llaman Paneles Solares Fotovoltaicos (PFV).

**ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA:** aprovecha la energía calórica para producir electricidad, esto se logra a través de un ciclo termodinámico convencional, mediante el cual se calienta algún tipo de fluido a alta temperatura (aceite térmico).

**ENERGÍA SOLAR HÍBRIDA:** consiste en utilizar además de la energía solar, otro tipo de energía. Esto se conoce como hibridación y dependiendo con el tipo de energía que se combine será renovable o fósil.

**ENERGÍA EÓLICO SOLAR:** consiste en utilizar el aire calentado por el sol, para hacer girar unos generadores ubicados en la parte superior de una chimenea.

### **2.3 Energía solar fotovoltaica**

---

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar, es decir, transforma los rayos solares en electricidad, mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, que por su parte, atrapan los fotones de la luz solar liberando con ello una carga que se convierte en electricidad. Los paneles solares, que están fabricados por silicio (el segundo elemento más abundante de que disponemos, después del oxígeno) que, junto con otros materiales, y al ser excitado por la luz solar, permite que se muevan los electrones y se genere una corriente eléctrica directa. Para hacer esto es necesario disponer de un sistema formado por equipos especialmente contruidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos.

Este tipo de energía se usa para alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, para abastecer refugios o viviendas aisladas de la red eléctrica y para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Entre los años 2001 y 2014 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica, doblándose

aproximadamente cada dos años. La potencia total fotovoltaica instalada en el mundo (conectada a red) ascendía a 7,6 GW en 2007, 16 GW en 2008, 23 GW en 2009, 40 GW en 2010, 70 GW en 2011 y 100 GW en 2012. A finales de 2013, se habían instalado en todo el mundo cerca de 140 GW de potencia fotovoltaica.

Gracias a ello la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica, y supone ya una fracción significativa del mix eléctrico en la Unión Europea, cubriendo de media el 3% de la demanda de electricidad y alcanzando el 6% en los períodos de mayor producción. En algunos países, como Alemania, Italia o España, alcanza máximos superiores al 10%, al igual que en algunos estados soleados de Estados Unidos, como California. La producción anual de energía eléctrica generada por la fotovoltaica a nivel mundial equivalía en 2014 a cerca de 160 Tera Watt-hora (TWh), suficiente para abastecer las necesidades energéticas de más de 30 millones de hogares, cubriendo un 0,85% de la demanda mundial de electricidad.

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y logrando que su coste medio de generación eléctrica sea ya competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red. Programas de incentivos económicos, primero, y posteriormente sistemas de autoconsumo fotovoltaico y balance neto sin subsidios, han apoyado la instalación de la fotovoltaica en un gran número de países, contribuyendo a evitar la emisión de una mayor cantidad de gases de efecto invernadero. La tasa de retorno energético de esta tecnología, por su parte, es cada vez mayor. Con la tecnología actual, los paneles fotovoltaicos recuperan la energía necesaria para su fabricación en un período comprendido entre 6 meses y 1,4 años; teniendo en cuenta que su vida útil media es superior a 30 años, producen electricidad limpia durante más del 95% de su ciclo de vida.

## **2.4 Sistemas solares fotovoltaicos**

---

Se llama sistema solar fotovoltaico a toda instalación destinada a convertir la radiación solar en energía eléctrica. Para su funcionamiento requiere, de forma general, de cinco elementos principales: módulo o panel fotovoltaico, celda fotovoltaica, regulador de carga, inversor de corriente y baterías.

Las principales funciones de los sistemas fotovoltaicos son:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica.
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada.
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada.
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.

## **2.5 Componentes de una instalación solar fotovoltaica**

---

A continuación se despliega una descripción de los elementos necesarios para complementar a un sistema de generación eléctrica fotovoltaico:

### **2.5.1 Celdas fotovoltaicas**

---

Una celda fotovoltaica es un dispositivo electrónico, fabricado mediante la cristalización del silicio, que realiza el trabajo más importante (principal), ya que capta la energía luminosa (fotones) entregada por el sol y la transforma en energía eléctrica (electrones). También es la unidad más pequeña en un sistema fotovoltaico y usualmente tiene una potencia entre 1 y 2 W

La estructura de la celda equivale a la de un diodo común, ya que su estructura interna se compone de materiales semiconductores, básicamente es una capa semiconductor tipo N (negativo) aislada de otra capa semiconductor tipo P (Positivo u/ó Hueco).

El principio de funcionamiento de una celda se basa en el efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, mediante la captación de fotones provenientes de la luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel, esta interacción provoca el desprendimiento de los electrones de los átomos de silicio, rompiendo y atravesando la barrera de potencial de la capa semiconductor. Esto genera una diferencia de potencial en la capa N con respecto a la P. Luego si se conecta una carga eléctrica o elemento de consumo entre los terminales del panel se iniciará una circulación de corriente continua.

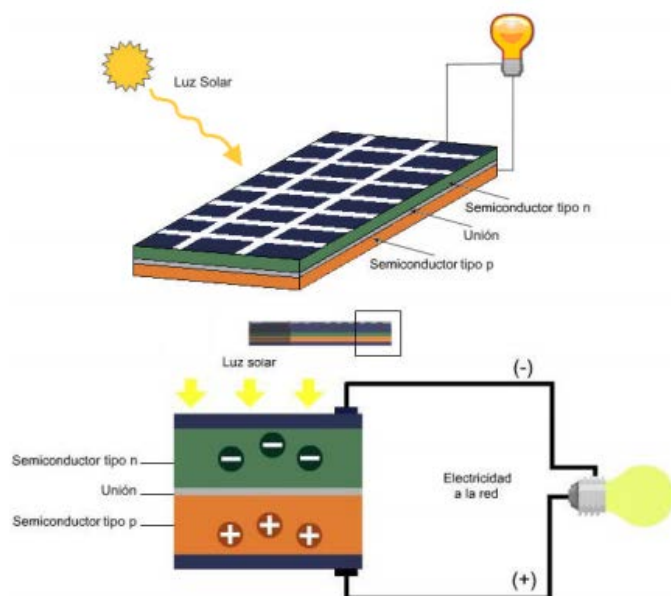


Figura 2.1: Funcionamiento de un panel fotovoltaico

### 2.5.1.1 Generaciones de Celdas Fotovoltaicas

**PRIMERA GENERACIÓN:** Consistían en una gran superficie de cristal simple. Una capa de unión P-N (similar a un diodo), capaces de generar energía eléctrica a partir de energía luminosa proveniente del sol. Se fabrican mediante un proceso de difusión con obleas de silicio, es por esto que también se lo conoce como celdas solares basadas en oblea.

Corresponde a la tecnología que predomina en el mercado actual, abarcando aproximadamente el 86% del total de paneles fotovoltaicos.

**SEGUNDA GENERACIÓN:** Se basan en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Existen dos clases de celdas fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las celdas espaciales, generalmente poseen eficiencias AM0 (Air Mass Zero) más altas, cercanas al 28 o 30%, aunque su costo por Watt más alto. En las terrestres en cambio, la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo costo, pero su eficiencia AM0 es menor que la anterior, alcanzando valores en 7 y 9%.

La tecnología de celdas solares de película delgada considera un ahorro notable en los costos de producción, que junto a su reducida masa, apropiada para aplicaciones sobre materiales flexibles y livianos, incluso en materiales de origen textil, representan grandes ventajas de la tecnología.

La aparición de paneles de película delgada de Ga y As para aplicaciones espaciales, con eficiencia AM0 sobre el 37%, se encuentran en estado de desarrollo para aplicaciones de elevada potencia. Esta tecnología representa un pequeño segmento del mercado fotovoltaico terrestre, siendo aproximadamente un 90% del mercado espacial.

**TERCERA GENERACIÓN:** Propuesta desde el año 2007, representa una tecnología muy diferente a las dos anteriores, ya no utiliza la unión P-N. Para aplicaciones espaciales se estudian dispositivos de huecos cuánticos y dispositivos que incorporen nanotubos de carbono, los que pueden alcanzar una eficiencia AM0 superior al 45%. En cambio para aplicaciones terrestres, se están investigando dispositivos que incluyan celdas electroquímicas, polímeros, nanocristales y tintas sensibilizadas, de las cuales ya es posible ver algunos modelos

**CUARTA GENERACIÓN:** Si bien es cierto no es una tecnología desarrollada, se estima que esta generación consistiría en una mezcla de nanopartículas con polímeros para formar una capa simple multiespectral. Luego se monta una capa sobre otra para fabricar celdas solares multiespectrales definitivas. Este tipo de celdas serán más eficientes y baratas.



### 2.5.1.2 Tecnologías de fabricación de celdas fotovoltaicas

---

Las celdas solares de silicio se construyen utilizando planchas monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas (amorphas), estas se diferencian por su composición y su rendimiento:

**SILICIO MONOCRISTALINO:** Estas celdas están fabricadas en base a láminas de un único cristal de muy alta pureza y estructura cristalina casi perfecta. El espesor aproximado de las láminas es de 1/3 a 1/2 milímetro, las cuales son cortadas de una gran barra o lingote monocristalino creado a una temperatura cercana a 1400° C, requiriendo un alto consumo de energía eléctrica siendo este un proceso largo y muy costoso. La eficiencia de estas celdas ha llegado hasta el 24,7% en laboratorio y a un 16% en paneles comerciales. Los paneles construidos con este tipo de tecnología son los más desarrollados del mercado, siendo garantizados por algunos fabricantes por hasta 25 años.



Figura 2.2: Celda Monocristalina.

**SILICIO POLICRISTALINO:** Las láminas policristalinas son fabricadas a través de un proceso de moldeo, para esto se funde el silicio y luego se vierte sobre moldes rectangulares de sección cuadrada. Una vez que el material se ha secado, se corta en delgadas láminas. Este proceso es simplificado y menos costoso de producir que el silicio monocristalino, pero son menos eficientes, debido a que el proceso deja imperfecciones en la superficie de la lámina. La eficiencia de conversión alcanza valores alrededor del 19,8% en laboratorio y de 14% en paneles comerciales. Las características del silicio cristalizado, hacen que los paneles de silicio policristalino posean un grosor considerable. Empleando silicio con otros materiales

semiconductores, es posible obtener paneles más finos e incluso flexibles. Tanto en el proceso de fabricación de láminas de silicio monocristalino, como policristalino, casi la mitad del silicio se pierde como polvo durante el corte.

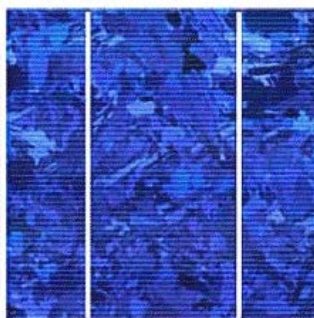


Figura 2.3: Celda de Silicio Policristalino.

**SILICIO AMORFO:** Es una tecnología de lámina delgada y se fabrica depositando silicio sobre un sustrato de vidrio de un gas reactivo, tal como silano ( $\text{SiH}_4$ ). Además es posible aplicarlo como película sobre sustratos de bajo costo como cristal o plástico. La tecnología de fabricación ha cambiado rápidamente, lo que ha generado un aumento de su eficiencia, llegando a valores entre 5 y 10% para paneles comerciales y de 13% en laboratorios. Existen tecnologías de lámina delgada que incluyen láminas de silicio multicristalino, seleniuro de cobre e indio/sulfuro de cadmio, telurio de cadmio/sulfuro del cadmio y arseniuro de galio. Este tipo de tecnología ofrece una serie de ventajas como: deposición y un ensamblado más fácil, la capacidad de ser depositadas en sustratos o materiales de construcción baratos, los que incluso pueden ser flexibles, producción en masa, y conveniencia para grandes aplicaciones. Sus costos son inferiores a las dos tecnologías anteriores y se utilizan cuando se requiere muy poca electricidad.

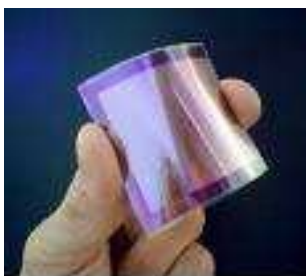


Figura 2.4: Celda de Silicio amorfo.

Otras tecnologías de lámina delgada son:

**TELURO DE CADMIO:** Rendimiento en laboratorio 16% y en paneles comerciales 8%

**ARSENIURO DE GALIO:** Es uno de los materiales más eficientes, alcanza un 25,7% de rendimiento en laboratorio y 20% en paneles comerciales

**DISELENIURO DE COBRE EN INDIO:** Con rendimientos en laboratorio próximos al 17% y en paneles comerciales del 9%

**PANELES TÁNDEM:** Estos combinan dos tipos de materiales semiconductores distintos. Esto se debe a que cada tipo de material trabaja en una parte del espectro electromagnético de la radiación solar y con la utilización de dos o tres tipos de materiales se pueden aprovechar desde la radiación ultravioleta a las ondas visibles e infrarrojas del espectro. Con este tipo de paneles se ha alcanzado rendimientos del 35% y en teoría, con la unión de tres se podría alcanzar un 50% de rendimiento.

**PANELES FOTOVOLTAICOS ORGÁNICOS (OPV):** Se trata de polímeros orgánicos capaces de reaccionar y liberar electrones en presencia de luz solar. La particularidad de estos paneles es que se pueden elaborar por medio de procesos de impresión y de recubrimiento a alta velocidad y escalables, como las pinturas en spray y la impresión de inyección de tinta para cubrir áreas más extensas.

Lo que facilita su aplicación sobre superficies metálicas, paredes exteriores de un edificio o techo. De esta manera, es posible conseguirlos a costos mucho más bajos que los tradicionales de silicio. Los expertos aseguran que gracias a los avances de la nanotecnología se están mejorando sus propiedades de eficiencia y grosor. En el caso de las celdas solares sensibilizadas por tinta, corresponden a unas películas coloreadas o transparentes que pueden instalarse en ventanas. Además poseen baja dependencia a la temperatura y al ángulo de luz, con lo que se puede conseguir la máxima potencia energética durante todo el año.

**PANELES FOTOVOLTAICOS DE PELÍCULA DELGADA (THIN-FILM):** Se construyen en base a microestructuras CIGS (Cobre Indio Galio Selenio), o CIS en caso de no incluir al Galio, alojadas sobre un soporte flexible y liviano, aptas para ser instaladas

sobre techos, fachadas de edificios, ventanas, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y automóviles. Respecto a la energía consumida durante su fabricación, las temperaturas son mucho más bajas, al igual que el impacto ambiental. Según un estudio de Nanosolar, empresa especializada en el desarrollo de este tipo de tecnología, indica que un kilo de CIGS integrado en una celda solar produce cinco veces más electricidad que un kilo de uranio enriquecido integrado en una central nuclear.

### **2.5.2 Panel fotovoltaico**

---

La unión de celdas fotovoltaicas da origen a un panel fotovoltaico, que se configura (o sitúa) para obtener una potencia deseada. Debido a que las celdas generan tensiones y corrientes pequeñas, se modifican su disposición ya sea en serie para aumentar la tensión y conservar la corriente, o en paralelo para aumentar la corriente y conservar la tensión.

El fabricante luego de agrupar estos dispositivos y procurar que trabajen como uno solo, a su vez la protege de los agentes climatológicos adversos por un marco de vidrio y aluminio anodizado, sellándolo completamente al vacío.

Una característica importante a tener en cuenta de los paneles fotovoltaicos es que el voltaje de salida no depende de su tamaño, ya que frente a cambios en los niveles de radiación incidente tiende a mantener una tensión constante de salida. En cambio la corriente, es casi directamente proporcional a la radiación solar y al tamaño del panel.

Una forma práctica de aumentar la potencia de salida del panel, consiste en instalar sistemas de seguimiento del sol, con el propósito de mantener lo más perpendicular posible el panel frente al sol, o concentrando la luz solar mediante lentes o espejos. El empleo de concentradores debe estar dentro de ciertos límites, ya que un aumento considerable de la temperatura provoca una reducción del voltaje de salida y por ende una reducción de potencia, no así la corriente, que se mantiene relativamente estable.

### **2.5.3 Baterías**

---

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); los generadores no son capaces de suplir a la exigencia de potencia demandadas por las cargas. Es por ello que para apoyar los momentos críticos energéticos, se conectan al sistema las baterías.

Una batería es un dispositivo electroquímico, que posee como función principal, almacenar la energía ya acondicionada por el regulador y luego suministrar dicha energía eléctrica a un sistema u/o carga que la necesite. Este dispositivo es capaz de entregar a la carga intensidades de corrientes mayores, a diferencia de los paneles fotovoltaicos que suministran electricidad de forma directa. Lo antes mencionado se aplica en el caso de los motores donde en el momento de arranque este puede demandar una corriente de cuatro a ocho veces su corriente nominal durante un par de segundos.

Todas las baterías son similares en su construcción y están compuestas por un número de celdas electroquímicas. En donde cada una de estas celdas posee un electrodo positivo y otro negativo además de un separador, luego cuando la batería comienza su descarga se produce un cambio electroquímico entre los diferentes materiales que componen a los dos electrodos.

En las baterías, debido a que el fabricante tiene la obligación de entregar estos datos, es necesario tomar en consideración las tres siguientes características técnicas:

**CAPACIDAD DE DESCARGA:** Es el producto de la intensidad por el tiempo de descarga, ósea, se entiende como la cantidad máxima de electricidad que puede llegar a abastecer desde la carga máxima a una descarga completa. El amperio hora (Ah) es su unidad de medida y la forma de leer su nomenclatura, se describe a continuación:

El valor que se encuentra antes de la unidad de medida indica la capacidad de la batería y el valor que se encuentra después de la unidad de medida indica el tiempo de descarga. Por lo tanto, al leer 50 Ah 1 este dice que una batería puede suministrar 50 amperes en una hora.

**PROFUNDIDAD DE DESCARGA:** En cuanto a la profundidad de descarga, existen baterías con descarga superficial y baterías con descarga profunda. Las de descarga superficial poseen una descarga media que no supera el 15%, pero puede llegar al 50% y las

de descarga profunda poseen una descarga media de un 25%, llegando a alcanzar una descarga de un 80%.

**CICLOS DE UNA BATERÍA:** Un ciclo es el tiempo transcurrido desde una carga completa hasta una descarga de la batería. La vida útil de una batería se mide en cantidad de ciclos que puede llegar a soportar.

### **2.5.3.1 Tipos de baterías**

---

A continuación se expone la clasificación de las baterías por su tipo de aleación, es decir, por su composición química. Dentro del mercado, las más utilizadas son:

**PLOMO-ACIDO:** En el presente es el tipo de acumulador más utilizado debido a su bajo costo. Cuando se encuentra cargada, el electrodo positivo posee un depósito de dióxido de plomo y el electrodo negativo es plomo. Luego al descargarse, la reacción química producida origina que, tanto la placa positiva como la negativa posean un depósito de sulfato de plomo.

**PLOMO-ANTIMONIO:** La fabricación de las baterías con este tipo de aleación se encuentra dentro de los más antiguos. Según su utilización, el porcentaje de antimonio varía del 2.5 al 10% y mientras más se acerque a ese 10%, mayor es la posibilidad de ciclado, pero a su vez aumenta la gasificación y el consumo de agua.

Estas baterías poseen una alta resistencia interna y una alta corriente de flote la que aumenta con su uso en el tiempo producida por la constante migración del ion de antimonio desde la placa positiva. Su uso es recomendado para fabricar baterías de ciclado profundo.

**PLOMO-SELENIO:** Esta en una aleación de Plomo-Antimonio entre el 1% y 2%, en el cual la única función que cumple el Selenio es lograr que la baja cantidad de Antimonio presente en la aleación se encuentre de manera uniforme, cosa que no sería viable sin su aporte, y traería como consecuencia una rejilla quebradiza y sin las propiedades físicas y eléctricas necesarias.

Las baterías fabricadas con este tipo de aleación tienen menor gasificación que una fabricada con alto contenido de Antimonio, y soportan menos ciclados

**PLOMO-CALCIO:** En este tipo de aleación no encontraremos antimonio, ya que a diferencia de la aleación anterior el antimonio se cambia por calcio, de esta forma se obtienen ciertas ventajas, su auto-descarga es considerablemente más baja que las anteriores aleaciones, reduciendo la gasificación a valores despreciables. Además, no se produce el envenenamiento de la placa negativa y la resistencia interna más la corriente de flote permanecen invariables durante toda la vida útil de esta batería.

**NÍQUEL-CADMIO:** Estas baterías son parte de las más eficientes, utilizando un alcalino como electrolito. Poseen bajo coeficiente de auto-descarga y su carga se aproxima al 80%. La tensión de las celdas es de un 1.2v, con un buen rendimiento en temperaturas extremas. En cuanto a la descarga, se admite sobre el 90% de la capacidad nominal. Como grandes desventajas de este acumulador podemos encontrar los altos costos y la contaminación procedente del cadmio.

#### **2.5.4 Regulador de carga**

---

Es un dispositivo electrónico, que controla los procesos de carga y descarga en una batería. Con esto se evita seguir inyectando energía a una batería que se encuentra completamente cargada o seguir descargándola cuando se encuentre en un valor demasiado bajo, la que en ningún caso debe superar el 80%. Con él se consigue información sobre los parámetros eléctricos en tiempo real, evaluar la salud del sistema y su funcionamiento. En el regulador existen dos tipos de conexiones, estas son:

**CONEXIÓN EN PARALELO:** Una de las funciones que posee es que cuando se producen sobrecargas, el regulador cortocircuita la alimentación y disipa la energía restante en forma calórica a través de un balastro. Esta sobredescarga se controla mediante la interrupción de la línea donde se encuentran las baterías y el consumo. Debido a las pérdidas que se producen con la presente conexión, se suele utilizar cuando las instalaciones son de baja potencia.

**CONEXIÓN EN SERIE:** A diferencia de la conexión en paralelo, luego de generarse una sobrecarga el regulador desconecta la línea donde se encuentran los paneles fotovoltaicos

y las baterías, evitando de esta forma la disipación de energía. En cuanto a la sobredescarga, esta se controla desconectando la línea de las baterías y el consumo.

### **2.5.5 Inversor**

---

Transforma la corriente continua de baja tensión (12, 24, 32, 36 o 48 v) generada por las placas fotovoltaicas y la acumulada en las baterías, a corriente alterna de una magnitud y frecuencia necesaria, en nuestro caso, 220 Volts y 50 Hz de frecuencia. Esto es necesario para poder utilizar los equipos eléctricos de corriente alterna.

Un punto importante que realiza el inversor es la optimización del funcionamiento de una planta, con la finalidad de encontrar el Máximo Punto de Potencia para la instalación, además de monitorizar la red para la seguridad de una planta fotovoltaica que deberá desconectarse de red cuando esta se desconecte o falle, también en caso de imperfecciones.

Un inversor está formado por las siguientes etapas:

**ETAPA OSCILADORA:** Cumple la función de generar los pulsos a una frecuencia similar a la frecuencia de la red eléctrica donde será conectado, en nuestro caso es de 50 Hz, o ciclos por segundo.

**ETAPA AMPLIFICADORA:** Está formada por transistores que cumplen la función de amplificar la señal pulsante de la etapa osciladora, a un nivel suficiente como para excitar a la sección elevadora de voltaje.

**ETAPA ELEVADORA DE VOLTAJE:** Un transformador de voltaje se encarga de elevar la tensión a 220 volt para nuestro caso, para que de esta forma se puedan conectar artefactos eléctricos que trabajen a 220 volt y 50 Hz. A la salida se obtiene una señal senoidal de características casi similares a la de la red eléctrica.

## **2.6 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica**

---



Los sistemas fotovoltaicos pueden ser aplicados tanto en la superficie terrestre como en el espacio. En el espacio son una forma muy confiable para alimentar de energía a los satélites o sondas espaciales, ya que los niveles de radiación son más elevados por la carencia de obstáculos como la atmósfera. Por otro lado, las aplicaciones en tierra van desde una simple celda para energizar calculadoras o relojes, hasta complejos sistemas de captación de la energía solar, también llamados parques solares. En general, los sistemas fotovoltaicos pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad, sin embargo, las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos instalados, especialmente de los módulos y la batería respectivamente, y por la disponibilidad del recurso solar. Técnicamente, un sistema fotovoltaico puede producir tanta energía como se desee; sin embargo desde el punto de vista económico, siempre existen limitaciones presupuestarias en cuanto a la capacidad que se puede instalar.

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en dos tipos, según el objetivo que a estas se les designe. El primer tipo corresponde a las instalaciones aisladas de la red eléctrica, las cuales cumplen la función de satisfacer total o parcialmente los requerimientos de energía eléctrica de viviendas o localidades que no cuentan con la prestación de servicio eléctrico de alguna compañía. El segundo tipo corresponde a las instalaciones conectadas a la red eléctrica y tienen por objetivo reducir el consumo de energía eléctrica convencional (de la red), optando por satisfacer la demanda por medio del sistema fotovoltaico y si es posible, entregar a la red eléctrica parte de la energía generada y que no es ocupada en el lugar de la instalación.

La utilización de sistemas auxiliares, como, baterías, inversores o reguladores, han permitido ampliar el campo de aplicación de estos sistemas, ya que como se sabe, los paneles fotovoltaicos entregan por sí solos corriente continua, lo cual imposibilita su utilización directa en sistemas que funcionen en base a corriente alterna.

Actualmente muchos gobiernos están impulsando y motivando a la población para la utilización de sistemas no convencionales en base a energías renovables. Algunos de estos países son: Alemania, Japón, EEUU, España, Grecia, Italia, Francia, etc., los cuales subvencionan las instalaciones con el objetivo de diversificar la matriz de generación y así

evitar la dependencia de los sistemas convencionales de generación eléctrica, como por ejemplo: hidroeléctricas o en base a combustibles fósiles. Además de contar con apoyo para la instalación del sistema, para las instalaciones conectadas a la red eléctrica y que tienen la posibilidad de vender parte de la energía generada, los costos pagados por este concepto suelen ser más elevados que por los de generación convencional.

A continuación se listan una serie de aplicaciones, sin necesidad de estar limitadas a ésta.

- Centrales conectadas a la red eléctrica con subvención a la producción (para los países que se cuenta con ésta opción).
- Estaciones repetidoras de microondas y de radio.
- Electrificación de zonas alejadas de la red eléctrica.
- Sistemas de comunicaciones de emergencia.
- Sistemas de monitoreo remoto.
- Faros, boyas y balizas de navegación marítima.
- Bombeo para sistemas de riego y agua potable en áreas rurales.
- Balizamiento para protección aeronáutica.
- Sistemas de desalinización.
- Señalización ferroviaria.
- Fuente de energía para naves espaciales.
- Parquímetros, etc.

Dependiendo de su aplicación y de la cantidad y tipo de energía producida, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

### **2.6.1 Sistemas aislados de la red eléctrica (autónomos)**

---

Este tipo de instalación lleva en uso 20 años aproximadamente y carecen de conexión con la red eléctrica convencional. Estos sistema van acompañados de inversores de corriente, para pasar de corriente continua a corriente alterna, reguladores de voltaje y bancos de baterías que permiten almacenar la energía que no se está utilizando.

Las instalaciones aisladas de la red dan lugar a dos tipos de suministros según sea el tipo de distribución:

**EL SISTEMA CENTRALIZADO:** Consiste en un único sistema que cubre las necesidades del conjunto de usuarios. De esta forma se disminuyen los costos del sistema, sin afectar la calidad del suministro.

**EL SISTEMA DESCENTRALIZADO:** Al contrario del sistema centralizado, en este caso se instala individualmente el sistema completo en la vivienda o lugar a energizar. Los costos en este tipo de instalaciones son más altos.

Los sistemas autónomos son los más comunes, utilizándose principalmente para usos domiciliarios, productivos y comerciales.

Ejemplos de estos usos son:

**ELECTRIFICACIÓN DE VIVIENDAS:** Se utiliza en aquellos casos donde no existe la posibilidad técnica o económica de llevar la red eléctrica convencional o cuando Las familias demandan cantidades moderadas de energía.

**BOMBEO DE AGUA PARA IRRIGACIÓN Y CERCAS ELÉCTRICAS PARA LA GANADERÍA:** Este permite aumentar la productividad del área cultivable y diversificar el cultivo.

**REFRIGERACIÓN DE ALIMENTOS:** Incrementa la calidad del producto y permite mayores márgenes de tiempo entre cosecha y entrega en el mercado.

**COMUNICACIÓN:** Facilita la venta en mercados alejados y el acceso a información de precios en el mercado.

**ILUMINACIÓN:** Permite el procesamiento de cultivos y productos en horas de la noche y en áreas cubiertas.

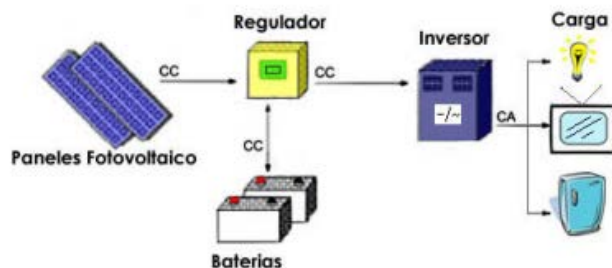


Figura 2.5 Instalación aislada a la red

### 2.6.2 Sistemas conectados a la red

---

Este tipo de instalaciones se encuentra permanentemente conectado a la red de distribución eléctrica, de tal forma que en periodos de irradiación solar, sea el sistema fotovoltaico quien entregue energía, mientras que en periodos de radiación limitada o nula, sea la red eléctrica quien entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda.

En el caso de que la energía generada por el sistema sea superior a la demanda localmente, la red eléctrica aceptará todo excedente de energía que no sea utilizado.

Los equipos que forman parte de estas instalaciones son: panel fotovoltaico, inversor de corriente para pasar de CC a CA y un Contador que permita contabilizar la energía producida por el sistema. Para poner en funcionamiento una instalación fotovoltaica de este tipo es necesario contar con un punto de acceso a la red eléctrica, que permitirá entregar la energía generada, este punto de acceso es asignado por la compañía eléctrica del sector donde se realice la instalación.

Este tipo de instalaciones es muy común en Norte América, Europa y Asia, donde las aplicaciones inmediatas son la venta de energía eléctrica o la reducción de la facturación mensual. Para realizar esto, existen dos formas de conexión a la red:

**FACTURACIÓN NETA O NET-METERING:** Es donde en una instalación se consume la electricidad necesaria y lo sobrante se envía a la red. Reduciendo de esta forma la electricidad que se compra a la compañía eléctrica y a su vez generando una tarifa a favor.

**TARIFA FOTOVOLTAICA O FEED IN TARIFF:** Es cuando un sistema de generación eléctrica se conecta directamente a la red, entregando la totalidad de energía producida.

Si bien es cierto, estas instalaciones en estricto rigor están permanentemente conectadas a la red eléctrica, por lo cual no necesitan de sistemas de conversión y almacenamiento como en el caso de las aisladas, también sería posible utilizarlas como los sistemas aislados, esto en el caso de que sea una instalación pequeña que cubra parcialmente la demanda local y que desee cubrir la energía faltante con la red eléctrica. Para esto, además es necesario utilizar un conmutador que permita realizar el cambio entre la energía entregada por el sistema fotovoltaico a la energía de la red.

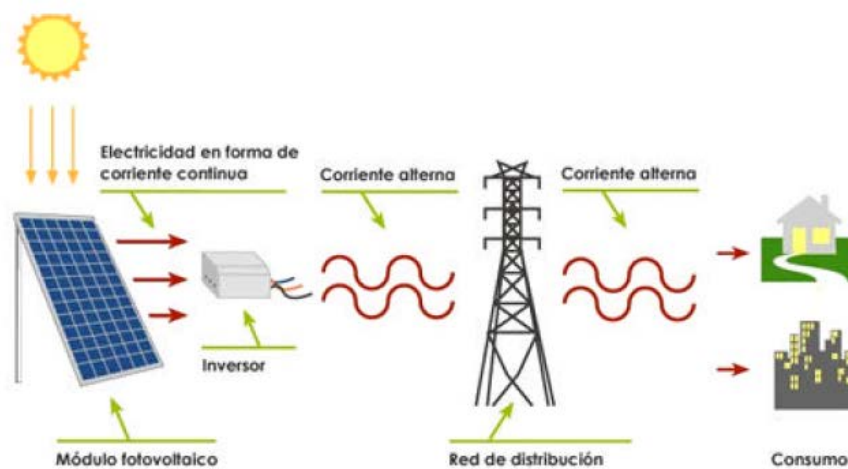


Figura 2.6 Sistema conectado a la red

**HUERTA SOLAR:** Una huerta solar o también llamada Electranet, es un recinto en el cual distintos dueños o familias instalan y comparten pequeños sistemas fotovoltaicos. Se estima que una instalación fotovoltaica en una superficie de una hectárea, puede entregar energía suficiente para satisfacer los requerimientos de unas 100 familias.

Para una instalación que genere unos 100 KW de energía, es posible recuperar la inversión realizada (incluyendo paneles, bancos de baterías, inversores, reguladores, accesos, cierre perimetral, etc.) en un periodo comprendido entre 12 y 17 años aproximadamente. Además en algunos países se cuenta con el incentivo del gobierno para instalaciones de este tipo, lo cual las hace aún más ventajosas.



Figura 2.7 Huerta solar

### **2.6.3 Sistemas híbridos**

---

La característica principal de un sistema híbrido es la combinación del sistema fotovoltaico con una o más fuente de energía renovable o no renovable, como por ejemplo: sistemas eólicos, mareomotriz, biomasa, geotermia, generadores, etc., aumentando de esta forma la confiabilidad de la instalación, ya que se evita la dependencia plena de un solo medio de generación, permitiendo en cambio, la complementación de estos sistemas obteniendo un suministro de energía fiable.

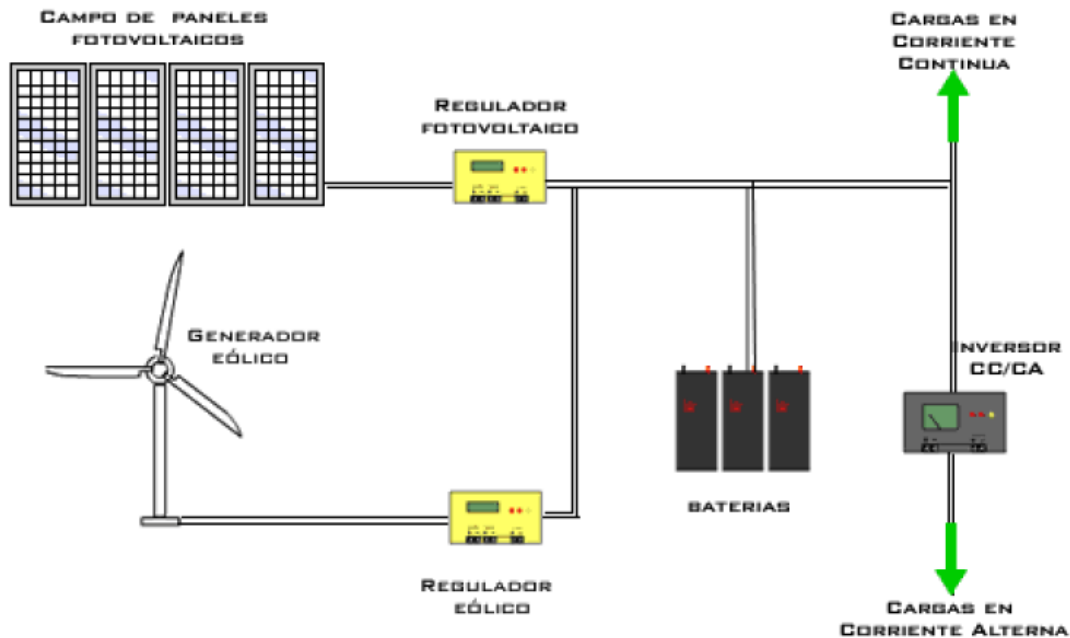


Figura 2.8 Instalación híbrida solar eólica

## 2.7 Ventajas de la energía solar fotovoltaica

- Chile dispone de abundante radiación solar, lo cual permite desarrollar proyectos en gran parte de nuestro territorio.
- Capacidad de independencia de la red eléctrica hasta en un 100%, es decir puede entregar energía eléctrica en sectores remotos, donde no exista servicio eléctrico.
- La operación de los sistemas fotovoltaicos genera un daño considerablemente menor al medio ambiente que los sistemas convencionales, ya que es limpia y renovable, reduce el efecto invernadero y no produce contaminación térmica ni emisiones de CO<sub>2</sub>. El principal daño dice relación el desecho de las baterías una vez que cumplan su ciclo de vida.
- Los sistemas fotovoltaicos tienen una vida útil larga. En la actualidad, ningún fabricante de paneles solares ofrece una garantía menor a 20 años.

- El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo y tiene costos muy bajos, salvo las baterías, las cuales deben ser reemplazadas en un tiempo menor a que el resto de los componentes, aunque dicho inconveniente solo se ocasiona tratándose de sistemas autónomos.
- Los sistemas fotovoltaicos experimentan una reducción progresiva de precios que los hacen cada vez más accesibles para la población.
- La tecnología de equipos y sistemas fotovoltaicos ha alcanzado un grado de madurez que posibilita su utilización para resolver confiablemente algunos problemas energéticos de nuestro país.
- Dependiendo del tamaño de la instalación, se puede transformar en una fuente de ingresos, por el concepto de venta de energía (ley net metering).
- Es posible instalarlos en cualquier lugar donde se disponga de luz solar, instalación relativamente rápida, bajo impacto visual, resistente al agua y posibilidad de monitoreo.

## **2.8 Desventajas de la energía solar fotovoltaica**

---

- La inversión inicial es más alta en comparación a las fuentes de energía convencionales y la recuperación de ésta, tal como se indicó anteriormente, es a largo plazo.
- La cantidad de energía producida es limitada y alcanza solamente para las necesidades básicas de electricidad. Dado el desarrollo actual de esta tecnología, los precios del mercado fotovoltaico y el consumo desproporcionado de energía eléctrica por parte de los consumidores, es inviable económicamente implementar sistemas fotovoltaicos capaces de sustituir totalmente la energía que nos proporciona la compañía eléctrica.



- La disponibilidad de energía es variable y depende tanto de las condiciones atmosféricas y geográficas.

## 2.9 Costos y mantenimiento

---

Los precios de los Paneles Fotovoltaicos , se ha reducido a más de 10 veces su precio en los últimos 30 años, sin embargo, los costos de los paneles fotovoltaicos siguen siendo aún más altos que los precios en el mercado mayorista de electricidad. La competitividad en otros mercados depende de una variedad de condiciones locales.

Los costos dependen en gran medida de los componentes individuales de la instalación, así como la ubicación y otros factores que afectan el rendimiento global del sistema. El mayor componente del costo de inversión de los sistemas fotovoltaicos es el panel o módulo fotovoltaico, mientras que el inversor es el segundo de mayor costo.

Los costos promedio de inversión de los sistemas fotovoltaicos, han decaído significativamente en el último par de décadas y se prevé que continúe disminuyendo rápidamente al igual que la tecnología fotovoltaica y los mercados maduros. Sin embargo, la baja de precio del sistema varía significativamente según la localización y depende en gran medida de los esquemas de ayuda aplicados y de la madurez de los mercados.

Esta disminución se considera que es debida a un enorme aumento en la capacidad de producción y, en consecuencia, el aumento de la competencia entre empresas fotovoltaicas.

Suponiendo que el mercado fotovoltaico continuará creciendo a más del 35% al año, el costo inicial se espera que disminuya más del 50%.

Respecto al mantenimiento se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los paneles fotovoltaicos generalmente no requieren de mantenimiento, pero se debe tener presente que la superficie del panel esté siempre limpia y libre de sombras (árboles u otro obstáculo que impida la incidencia directa de la luz sobre el panel).
- El regulador de carga no requiere ningún mantenimiento al igual que el inversor.
- Para el caso de la batería, si es del tipo de Plomo-ácido no sellada, debe controlarse

el nivel del líquido una vez al año. Además se debe evitar que los bornes de conexión se sulfaten. Hay que instalar la batería en lugares suficientemente sombreados y ventilados.

- El cableado del sistema se debe mantener en perfectas condiciones, a fin de evitar sobrecalentamiento de los conductores, para lo cual es recomendable realizar inspecciones periódicas.

En general los costos de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos de generación de electricidad son bajos y son alrededor de un 0,5% a un 1,5% anual de los costos de inversión inicial.

## **Capítulo 3. Normativa de instalación para proyectos de generación renovable.**

---

### **3.1 Introducción**

---

En Chile, la normativa vigente con respecto a todo tipo de instalaciones eléctricas tiene su origen en normas internacionales, que a través de acuerdos han podido ser adaptados y homologados a la realidad nacional. El organismo encargado de la normalización es el Instituto Nacional de Normalización, INN, organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNACIONAL

ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT) representando a Chile ante esos organismos. De acuerdo a sus estatutos el INN tiene los siguientes objetivos:

- Estudiar las normas técnicas requeridas por los distintos sectores del país.
- Estudiar y disponer los mecanismos que permitan la aplicación de las normas técnicas que apruebe.
- Realizar las actividades que sean necesarias para contribuir al desarrollo de las normas técnicas, la metrología y la evaluación de la conformidad.

Para elaborar una norma primero se debe detectar la necesidad de regular cierta área y tener siempre en cuenta las normativas internacionales acerca del tema. Si no existen normas al respecto, por tratarse de materias muy específicas o demasiado nuevas se buscan normas regionales o de empresas de ese sector. El proceso consta de:

- Detección de la necesidad por el INN o por el sector público o privado.
- Constitución del comité técnico que elabora el anteproyecto de la norma.
- Una vez redactado el proyecto se somete a consulta pública. En esta instancia participan las autoridades competentes, los productores y los representantes del mundo de la ciencia y la tecnología.
- Las observaciones de la consulta pública son llevadas nuevamente al Comité Técnico, que resuelve su pertinencia.
- Se llega a un texto oficial y aceptado por todos que se propone al Consejo del INN para su aprobación.

Las siguientes normas que se presentaran son para proyectos de generación Eólica y Fotovoltaica, se elaboraron a solicitud de la Comisión Nacional de Energía y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en el marco del Proyecto GEF-PNUD-CNE CHI/00/G32 *Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables en Chile.*

Cabe mencionar que el tema principal de este seminario se basa en torno al sistema eólico, por lo tanto, sólo se detallaran las normas ocupadas para este sistema de generación y su aplicación dentro del desarrollo del proyecto, luego sólo se hará una referencia las normativas para los sistemas fotovoltaicos.

### 3.2 Normativas para proyectos fotovoltaicos.

---

En este punto mencionaremos y detallaremos todas las normas que han sido adaptadas a la norma chilena, pudiendo mencionar su origen o la norma de referencia ocupada y al final en un anexo algunos cambios editoriales realizados para cada punto.

#### 3.2.1 Norma Chilena Oficial: NCh2902.Of2004.

---

Normas de referencia	Significado
<b>IEC61836:1997</b>	<b>Sistemas de energía solar fotovoltaica términos y símbolos.</b>

#### Descripción

El objetivo de esta norma es armonizar los términos y símbolos usados en las normas del área de los sistemas de energía solar fotovoltaica. Esta norma es una homologación de IEC 61836:1997 Solar Photovoltaic energy systems – Terms and symbols, siendo idéntica a la misma.

#### Contenido

Tabla 3.1: Índice de contenidos norma NCh2902.Of2004.

<b>1</b>	Alcance y objeto
<b>2</b>	Referencias normativas
<b>3</b>	Términos y símbolos

#### 3.2.2 Norma Chilena Oficial: NCh2927.Of2005.

---

Normas de referencia	Significado
----------------------	-------------

<b>IEC 61277:1995</b>	<b>Sistemas generadores fotovoltaicos terrestres.</b>
-----------------------	---

**Descripción**

Esta norma sirve para establecer una guía y entregar una visión general de los sistemas generadores fotovoltaicos terrestres y de los elementos funcionales que los constituyen. Esta norma es idéntica a la versión en inglés de la Norma Internacional IEC 61277:1995 Terrestrial photovoltaic (PV) power generating systems- General and guide. Esta norma contiene:

- Una visión general de las posibles interfaces y componentes principales de los subsistemas.
- Una descripción de los principales subsistemas, componentes e interfaces.
- Una tabla con ejemplo de configuraciones derivadas de algunas aplicaciones típicas.

**Contenido**

Tabla 3.2: Índice de contenidos norma NCh2927.Of2005

<b>1</b>	Alcance
<b>2</b>	Visión general de los posibles interfaces y componentes principales de los subsistemas
<b>3</b>	Descripción de los principales subsistemas, componentes e interfaces de los sistemas generadores fotovoltaicos
<b>4</b>	Anexos

**3.2.3 Norma Chilena Oficial: NCh2898.Of2004.**

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 61194:1992</b>	<b>Parámetros característicos de sistemas fotovoltaicos autónomos.</b>

**Descripción:**

Esta norma sirve para definir los principales parámetros eléctricos, mecánicos y ambientales que se necesitan para la descripción y análisis funcional de sistemas fotovoltaicos

autónomos. En la elaboración de esta norma se tomó en consideración la Norma Internacional IEC 61194: 1992 Characteristic parameters of stand- alone photovoltaic (PV) systems. Siendo no equivalente a la misma al tener desviaciones mayores que consistían en incluir las modificaciones aprobadas por CENELEC el 1995-05-15.

### **Contenido**

Tabla 3.3: Índice de contenidos norma NCh2898.Of2004.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Descripción del sistema fotovoltaico
<b>3</b>	Parámetros ambientales
<b>4</b>	Parámetros funcionales
<b>5</b>	Anexos

### **3.2.4 Norma Chilena Oficial: NCh2896.Of2004.**

Normas de referencia	Significado
<b>Thermie B SUP-995-96:2001</b>	<b>Especificaciones generales para sistemas fotovoltaico doméstico de 12 V Corriente continua (DC).</b>

### **Descripción**

Esta norma sirve para establecer los principios generales para la implementación de sistemas fotovoltaicos domésticos, destinados a suministrar energía eléctrica para alimentar principalmente luminarias, radios y televisores. Todos estos de bajo consumo (y eventualmente sistemas de comunicación de uso esporádico). Por no existir Norma Internacional, en la elaboración de esta norma se ha tomado en consideración el documento Thermie B SUP-995-96:2001. Universal technical standard for solar home system.

### **Contenido**

Tabla 3.4: Índice de contenidos norma NCh2896.Of2004.

<b>1</b>	Alcance y Campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias normativas
<b>3</b>	Definiciones y términos abreviados
<b>4</b>	Información general
<b>5</b>	Información para el dimensionamiento

<b>6</b>	Requisitos del sistema
<b>7</b>	Requisitos del generador fotovoltaico
<b>8</b>	Requisitos de la estructura soporte
<b>9</b>	Requisitos de la batería
<b>10</b>	Requisitos del regulador de carga
<b>11</b>	Requisitos para las luminarias
<b>12</b>	Requisitos del cableado
<b>13</b>	Requisitos de la instalación

### 3.2.5 Norma Chilena Oficial: NCh2978.Of2005.

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 61427: 2005</b>	<b>Baterías para sistemas de conversión fotovoltaico de energía solar.</b>

#### Descripción

Esta norma sirve para establecer los requisitos que deben cumplir las baterías que se utilizan para sistemas fotovoltaicos (PV) implementados en viviendas y/o establecimientos rurales (no industriales) y los métodos de ensayo típicos utilizados para comprobar el comportamiento de las baterías. En esta norma se han realizado modificaciones con respecto a la norma internacional, dado que no hace distinción entre los dos tipos de baterías actualmente vigentes como son el tipo abierta y de válvula regulada.

#### Contenido

Tabla 3.5: Índice de contenidos norma NCh2978.Of2005.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias normativas
<b>3</b>	Términos y definiciones
<b>4</b>	Condiciones de uso
<b>5</b>	Requisitos generales
<b>6</b>	Características funcionales
<b>7</b>	Condiciones de ensayo general
<b>8</b>	Métodos de ensayo
<b>9</b>	Utilización recomendada de los ensayos

<b>10</b>	Anexos
-----------	--------

### 3.2.6 Norma Chilena Oficial: NCh2970/.Of2005.

---

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 61683:1999</b>	<b>Acondicionadores de Potencia, procedimiento para la medición del rendimiento.</b>

#### **Descripción:**

Esta norma sirve para describir las pautas de medición de rendimiento de los acondicionadores de potencia usados en los sistemas fotovoltaicos aislados y en los conectados a la red eléctrica. Donde la salida del acondicionador de potencia es una tensión de corriente alterna a una frecuencia constante o una tensión de corriente continua estable. Esta norma es idéntica a la versión en inglés de la Norma Internacional IEC 61683: 1999 Photovoltaic systems- Power conditioners- Procedure for measuning efficiency.

#### **Contenido:**

Tabla 3.6: Índices de contenido norma NCh2970/.Of2005

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias Normativas
<b>3</b>	Definiciones
<b>4</b>	Condiciones de medición del rendimiento
<b>5</b>	Calculo del rendimiento
<b>6</b>	Circuitos de ensayo de rendimiento
<b>7</b>	Medición de perdidas
<b>8</b>	Anexos



### 3.2.7 Norma Chilena Oficial: NCh2940/24.Of2005.

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 61173:1992</b>	<b>Protección de las sobretensiones de los sistemas generadores fotovoltaicos.</b>

#### Descripción

Esta norma sirve para servir de guía en la protección contra sobretensiones en sistemas generadores fotovoltaicos, tanto si son autónomos como si están conectados a la red de distribución. Esta norma es idéntica a la versión en inglés de la Norma Internacional IEC 61173:1992 Overvoltage protection for photovoltaic (PV) power generating systems- Guide.

#### Contenido

Tabla 3.7: Índices de contenidos norma NCh2940/24.Of2005.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias normativas
<b>3</b>	Fuentes de sobretensiones
<b>4</b>	Métodos para reducir las sobretensiones
<b>5</b>	Anexo

### 3.2.8 Norma Chilena Oficial: NCh2903/1.Of2004.

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 60904-1:1987</b>	<b>Dispositivos Fotovoltaicos Parte 1- Medición de las características corriente-tensión Fotovoltaicos.</b>

#### Descripción

Esta norma sirve para establecer los procedimientos para medir las características corriente-tensión de los dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino con luz solar natural o simulada. Esta norma es una homologación de la Norma Internacional IEC 60904-11987 Photovoltaic

devices – Part 1 Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics. Siendo idéntica a la misma.

### Contenido

Tabla 3.8: Índices de contenidos norma NCh2903/1.Of2004.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Requisitos generales de medición
<b>3</b>	Mediciones con luz solar natural
<b>4</b>	Medición con luz solar simulada en estado estacionario
<b>5</b>	Medición con luz solar simulada en forma de pulsos
<b>6</b>	Informes de ensayo

Nota: No existe información de referencias normativas.

### **3.2.9 Norma Chilena Oficial: NCh2903/2.Of2004**

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 60904-2:1989</b>	<b>Dispositivos Fotovoltaicos Parte 2- Requisitos de las celdas solares de referencia.</b>

### Descripción

Esta norma sirve para describir los requisitos relativos a la clasificación, selección, encapsulado, marcado, calibración y cuidados de las celdas solares de referencia. Esta norma es una homologación de la Norma Internacional IEC 60904-2:1989 Photovoltaic devices- Part 2- Requirements for reference solar cells, es equivalente a la misma al poseer desviaciones menores.

### Contenido

Tabla 3.9: Índice de contenidos norma NCh2903/2.Of2004

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
----------	-------------------------------

2	Referencias normativas
3	Descripción
4	Selección
5	Medición de la temperatura
6	Conexiones eléctricas
7	Calibración
8	Ficha técnica
9	Marcas identificadores
10	Encapsulado
11	Precauciones en la utilización de las celdas de referencia
12	Calibración de celdas primarias de referencia
13	Calibración de celdas secundarias de referencia

Nota: No existe información de referencias normativas.

### 3.2.10 Norma Chilena Oficial: NCh2903/3.Of2004.

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 60904-3:1989</b>	<b>Dispositivos Fotovoltaicos Parte 3- Principios de medición de dispositivos solares fotovoltaicos terrestres con datos de irradiancia espectral de referencia</b>

#### Descripción

Esta norma sirve para especificar los principios de medición para determinar las diversas características eléctricas de los dispositivos solares fotovoltaicos terrestres definidos en el alcance y campo de aplicación de la norma. Esta norma es una homologación de la Norma Internacional IEC 60904-3:1989 Photovoltaic devices –Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data, siendo idéntica a la misma.

#### Contenido

Tabla 3.10: Índice de contenidos norma NCh2903/3.Of2004.

1	Alcance y campo de aplicación
2	Objetivo
3	Principio de medición
4	Distribución de la irradiancia solar de referencia
5	Medición de la temperatura

<b>6</b>	Característica corriente-tensión
<b>7</b>	Anexo

### 3.2.11 Norma Chilena Oficial NCh2903/10.Of2004.

---

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 60904-10:1998</b>	<b>Dispositivos Fotovoltaicos Parte 10- Métodos de medición de la linealidad.</b>

#### **Descripción**

Esta norma sirve para describir los procedimientos usados para determinar el grado de linealidad de cualquier parámetro de un dispositivo fotovoltaico respecto a un parámetro de ensayo. Esta especialmente indicado para el uso en laboratorios de calibración, fabricantes de módulos y diseñadores de sistemas. Esta norma es idéntica a la versión en inglés de la Norma Internacional IEC 60904-10:1998 Photovoltaic devices-Part 10: Methods of linearty measurement.

#### **Contenido**

Tabla 3.11: Índice de contenidos norma NCh2903/10.Of2004.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias Normativas
<b>3</b>	Equipos
<b>4</b>	Procedimiento de ensayo de linealidad de corriente-tensión
<b>5</b>	Procedimiento de ensayo de linealidad de la respuesta espectral
<b>6</b>	Calculo de linealidad
<b>7</b>	Anexo

### 3.2.12 Norma Chilena Oficial: NCh2925.Of2005.

---

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 61701:1995</b>	<b>Ensayo de corrosión en módulos fotovoltaicos, método de niebla salina.</b>

### Descripción

Esta norma sirve para determinar la resistencia del módulo fotovoltaico a la corrosión debido a la niebla salina. Esta norma es una traducción modificada de la versión en inglés de la Norma Internacional IEC 61701:1995 Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules.

### Contenido

Tabla 3.12: Índice de contenidos norma NCh2925.Of2005.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias Normativas
<b>3</b>	Mediciones iniciales
<b>4</b>	Procedimiento de ensayo
<b>5</b>	Mediciones finales
<b>6</b>	Requisitos de aceptación
<b>7</b>	Anexos

### 3.2.13 Norma Chilena Oficial: NCh2922.Of2005.

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 61721:1995</b>	<b>Susceptibilidad de un módulo Fotovoltaico al daño por impacto accidental.</b>

### Descripción

Esta norma sirve para determinar la susceptibilidad de un módulo a sufrir daños por un impacto accidental. Esta norma es una traducción modificada de la versión en inglés de la Norma Internacional IEC 61721:1995 Susceptibility of a photovoltaic module to accidental impact damage.

**Contenido**

Tabla 3.13: Índice de contenidos norma NCh2922.Of2005.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias Normativas
<b>3</b>	Aparatos
<b>4</b>	Mediciones iniciales
<b>5</b>	Procedimiento de ensayo
<b>6</b>	Mediciones finales
<b>7</b>	Requisitos y aceptación
<b>8</b>	Anexos

**3.2.14 Norma Chilena Oficial: NCh2956.Of2005.**

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 61646:1996</b>	<b>Módulos Fotovoltaicos de lámina delgada para aplicaciones terrestres, calificación del diseño y aprobación de tipo.</b>

**Descripcion**

Esta norma sirve para establecer los requisitos para la calificación del diseño y la aprobación de tipo de módulos fotovoltaicos de lámina delgada, apropiados para operar durante largos periodos de tiempo en climas moderados (al aire libre) según se define en IEC 60721-2-1. Esta norma es idéntica a la versión en inglés de la Norma Internacional IEC61646:1996 Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules-Design qualification and type approval.

**Contenido**

Tabla 3.14: Índice de contenidos norma NCh2956.Of2005.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias Normativas
<b>3</b>	Toma de muestras
<b>4</b>	Marcado
<b>5</b>	Ensayos
<b>6</b>	Criterio de aceptación
<b>7</b>	Defectos visuales importantes
<b>8</b>	Informes
<b>9</b>	Modificaciones

<b>10</b>	Procedimientos de ensayo
-----------	--------------------------

### 3.2.15 NORMA CHILENA OFICIAL: NCh2976.Of2005.

Normas de referencia	Significado
<b>IEC 61215-2005</b>	<b>Módulos Fotovoltaicos de silicio cristalino para aplicaciones terrestres, calificación del diseño y aprobación de tipo.</b>

#### Descripción

Esta norma sirve para establecer los requisitos para la calificación del diseño y la aprobación de tipo de modulo fotovoltaico para aplicación terrestre adecuados para operaciones de larga duración en climas de aire moderados, según se define en IEC 60721-2-1. Esta norma se aplica solamente a los módulos de tipo silicio cristalino. Esta norma es una traducción modificada de la versión en inglés de la Norma Internacional IEC 61215:2005 Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules-Design qualification and type approval.

#### Contenido

Tabla 3.15: Índice de contenidos norma NCh2976.Of2005.

<b>1</b>	Alcance y campo de aplicación
<b>2</b>	Referencias Normativas
<b>3</b>	Toma de muestras
<b>4</b>	Marcados
<b>5</b>	Ensayos
<b>6</b>	Criterio de aceptación
<b>7</b>	Defectos visuales importantes
<b>8</b>	Informes
<b>9</b>	Modificaciones
<b>10</b>	Procedimiento de ensayo
<b>11</b>	Anexos

## **Capítulo 4. Propuesta de diseño de la instalación fotovoltaica para centro ERNC en universidad del Bío-Bío**

---

### **4.1 Ubicación geográfica del emplazamiento**

---

Dando una perspectiva preliminar se evalúa la posibilidad de instalación de tecnología fotovoltaica en la Universidad del Bío-Bío, sede concepción.

Tabla N°4.1: Datos del emplazamiento

Concepción	Latitud: 36°46'2'' S Longitud: 73°03'47'' O
Universidad del Bío Bío	Latitud: 36°49'18'' S Longitud: 73°00'50'' O





Figura N°4.1: Universidad del Bío-Bío sede Concepción.

#### 4.1.1 Evaluación y Análisis del emplazamiento para un mejor aprovechamiento de la energía solar

---

Para llevar a cabo este estudio, se analizaron las bases de datos tanto de la comisión nacional de energía (CNE), el programa de naciones unidas para el desarrollo (PNUD) y la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFS), los cuales proporcionan la información pertinente para realizar una investigación adecuada.

Debido a que los paneles solares fotovoltaicos basan su funcionamiento en la luz y energía proveniente del sol, la energía eléctrica entregada será proporcional a la cantidad de luz que reciban sobre su superficie captadora. Es por esto que mientras mayor sea la energía irradiada sobre el panel, mayor será la cantidad de energía eléctrica que se obtenga a su salida. En el caso de la octava región (Concepción), las condiciones son variadas en el transcurso de los meses según muestra la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Irradiación global mensual y anual, en plano horizontal, para Concepción (MJ/m<sup>2</sup>)

ENE	FEB	MAR	ABRI	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
761,8	582,1	510,2	340	214	142,1	186,5	289,7	407,6	572	676	740,8
Total anual						5422,9					

Las mejores condiciones de funcionamiento para un panel fotovoltaico estarán dadas en días despejados, con alto nivel de irradiación directa, con la superficie captadora perpendicular al sol, sin objetos que se interpongan en la trayectoria de la luz (sombras de árboles, edificios, suciedad del panel, etc.) y con amplios periodos de insolación.

La respuesta o cantidad de energía entregada por el panel dependerá directamente de la eficiencia del mismo, lo cual a su vez depende de la tecnología con que fue construido.

Por otro lado un panel solar generará electricidad incluso en ausencia de luz solar directa, lo que significa que en días nublados también habrá generación de electricidad, pero como se dijo anteriormente, las condiciones óptimas de operación implican la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el sol, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar directa. Es por esto que en el Hemisferio Norte, el panel deberá orientarse hacia el sur y en el Hemisferio Sur, hacia el norte. En nuestro país deben ser orientados hacia el norte para aprovechar la mayor cantidad de horas de luz. Además el panel deberá instalarse con un cierto ángulo de inclinación medido entre el panel y el plano horizontal, para que la irradiación incidente sea lo más uniforme y perpendicular al panel, esta inclinación dependerá de la latitud de la zona donde se instalarán los paneles y de la estación del año. En zonas cercanas al ecuador el panel es instalado casi en forma horizontal al plano de la tierra. Algunas recomendaciones acerca de la instalación apuntan a que se debe tomar como referencia el punto de mayor producción durante la estación de invierno, lo cual asegurará un óptimo funcionamiento durante el resto del año.

Una forma de aprovechar mejor la energía solar, aunque más cara, es instalando sistemas de seguimiento del sol. Para esto el panel se monta sobre una plataforma móvil que permite seguir la trayectoria del sol en forma automática.

Una pequeña desviación en la orientación no influye significativamente en la generación de electricidad, ya que durante el día el sol se traslada en el cielo de este a oeste.

#### 4.1.2 Terminología y conceptos fundamentales.

---

El objetivo de este punto es poder familiarizarse con los términos y conceptos que se presentaran más adelante. Como primer punto los datos de los registros Solari-métricos se presentan en un promedio mensual en  $W/m^2$  y el nivel de irradiancia para distintas posiciones del Sol. Las posiciones son indicadas en azimut e inclinación, ambas en grados.

**EL AZIMUT:** Siempre en este tipo de mediciones está referido al Sur, este ángulo es el medido entre el Sur y la posición en la horizontal que se desee, será positivo si se mide en sentido SWNE (horario) y negativo si se mide en sentido SENW (anti horario). En este caso el **Azimut** será el ángulo comprendido con  $SCX'$ .

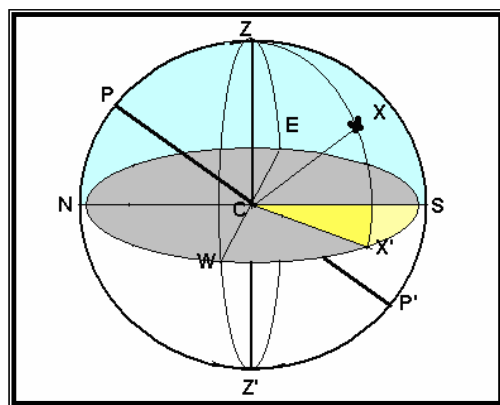


Figura 4.2: Coordenadas Horizontales.

**INCLINACION O ELEVACION SOLAR ( $\gamma_s$ ):** Angulo entre el panel solar y el plano horizontal. Este ángulo será de gran importancia para una buena instalación. Dependerá

directamente de la latitud del lugar y de la estación del año, en la figura 4.1 se representa este ángulo formado por los puntos XCX`.

**HORA SOLAR PICO (HSP):** La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m<sup>2</sup> o, lo que es lo mismo, 1 kWh/m<sup>2</sup>, tal y como se muestra en la siguiente conversión:

$$1HSP = \frac{1000W*1h}{m^2} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1J}{1W} = 3.6 \frac{MJ}{m^2} \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

La ventaja de utilizar este concepto recae en permitir evaluar de forma más rápida los rendimientos energéticos.

#### 4.1.4 Análisis Solar

---

A continuación se procede a analizar los datos de irradiación para la ciudad de Concepción que se aprecian en la siguiente Tabla N° 4.3.

Tabla N°4.3: Irradiación Global Mensual y Anual en diferentes Inclinaciones y Azimut ( MJ / m<sup>2</sup> ) localidad Concepción.

Az	INCL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total Anual
180 al Norte	27	720,2	613,7	574,3	430,6	292,6	197	261,3	376,9	472,9	597,1	652,1	686,2	5875
	37	674,9	590,8	570,8	442,6	306,9	207,7	275,7	390,3	475	580,6	615,9	639,1	5770,3
	47	615,6	555,2	555,1	444,4	314,4	213,8	284	395	466,7	551,4	567,7	579,1	5542,4
	57	544,3	508,7	527	436,3	314,8	215,3	285,8	390,9	448,5	511,6	507,9	508,2	5199,5
	90	328	315,9	378,1	353,2	272,3	190,2	251,3	325,2	337,7	334,2	308,4	314,1	3708,6
150	27	704,9	587,8	543,8	403,4	273,3	187,5	245,9	351,2	445,8	576,9	631,6	677	5629
	37	665,8	565,6	531,7	407,7	282,1	195,5	255,8	357,3	440	557,4	601,9	637,3	5498,2
	47	645,8	557	504,2	402,8	284,7	199,3	260,3	355,7	425,8	535,1	585,4	614,4	5370,6
	57	588	507,7	488,8	389,3	281,2	198,8	259	346,4	410,4	499,7	534,1	559,9	5063,3
	90	435,5	388,8	380,2	293,6	233,5	171,2	220,4	268,1	314,9	384,9	399,2	407,8	3898
120	27	699,1	585,3	504,1	355,9	235,3	163,1	211,2	302,9	417,5	554,1	630	670,8	5329,1
	37	712,8	565,3	521,8	359,1	243,8	150,5	208	318,3	414,9	552,6	626	692,1	5365,1
	47	688	587,2	495,1	379,6	230,7	153,9	201,9	325	410,4	551,1	620,7	653,3	5297,1
	57	638,9	538,1	514,9	358,4	231,1	156,7	206,6	298,5	428	526,7	569,4	658	5125,4
	90	573,6	492,4	475,7	294,9	187,6	124,1	166,1	244	377,3	480	514,5	536,8	4467
90	27	697,7	555,5	480,3	326,4	206,3	144	185	277,3	383,4	528,4	630,4	668,1	5082,8
	37	679,3	568,2	484,1	323,3	209,1	134,4	177,4	284,3	391,4	534	613,9	648,8	5048,2
	47	703,9	552,4	480,4	336,3	204,7	142,9	184,4	279	377	544,4	608,3	699,7	5113,2
	57	697,9	543,9	490,2	315,2	222,3	124,3	186,6	275,6	388,4	507,1	630,5	656,2	5038,3
	90	581,8	504,3	408,4	280,7	199,9	135,3	179,4	249,2	302,5	495,1	521,7	544,3	4401,5
0 al Sur	27	660,7	483,1	355,1	193,6	116,4	88,2	105,4	162,2	273	446,2	577,3	660,6	4121,8
	37	598,2	422,8	289,3	150,9	112,8	85,3	102,1	139,7	219,7	385,9	520,3	605,5	3632,5
	47	261,5	224,8	198,3	145,6	108,3	81,6	97,9	134,4	176,7	229,3	252,3	275,1	2185,8
	57	252,6	221,7	197,5	139,3	103	77,3	93	128,2	169	232,2	242,8	264,8	2121,2
	90	309,8	193,9	159,2	114	81,7	60	73,3	103,3	138	184,2	265,4	327,4	2010,2

De la anterior tabla N°4.3, se desprende que la mayor irradiación se recibe cuando el azimut se encuentra 180° al norte y la suma de irradiaciones anuales en los distintos ángulos de inclinación son de 26095,8 (MJ/m<sup>2</sup>). Tales inclinaciones ayudan a obtener una mayor o menor cantidad de radiación solar.

A modo de facilitar la comprensión de los datos anteriormente expuestos, se realiza una conversión de unidades de medida a (kWh/m<sup>2</sup>) utilizando la ecuación N° 4.1, resultando los datos expuestos en la Tabla N°4.4.

Tabla N°4.4: Irradiación Global Mensual y Anual en diferentes Inclinaciones y Azimut (kWh /m<sup>2</sup>) localidad Concepción.

Az	INCL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total Anual
	27	200	170,4	159,5	119,6	81,3	54,7	72,6	104,7	131,3	165,8	181,1	190,6	1631,5
180	37	187,4	164,1	158,5	122,9	85,2	57,7	76,6	108,4	131,9	161,2	171	177,5	1602,4
al	47	171	154,2	154,2	123,4	87,3	59,4	78,9	109,7	129,6	153,1	157,7	160,8	1539,1
Norte	57	151,2	141,3	146,3	121,2	87,4	59,3	79,4	108,6	124,5	142,1	141	141,1	1443,9
	90	91,1	87,7	105	98,1	75,6	52,8	69,8	90,3	93,8	92,8	85,6	87,2	1029,9
	27	195,8	163,2	151	112	75,9	52,1	68,3	97,5	123,8	160,2	175,4	188	1563,2
	37	184,9	157,1	147,7	113,2	78,3	54,3	71	99,2	122,2	154,8	167,1	177	1526,9
150	47	179,3	154,7	140	111,9	79,1	55,3	72,3	98,8	118,2	148,6	162,6	170,6	1491,4
	57	163,3	141	135,7	108,1	78,1	55,2	71,9	96,2	114	138,8	148,3	155,5	1406,1
	90	120,9	108	105,6	81,5	64,8	47,5	61,2	74,5	87,4	106,9	110,9	113,2	1082,5
	27	194,1	162,5	140	98,8	65,3	45,3	58,7	84,1	115,9	153,9	175	186,3	1479,9
	37	197,9	157	144,9	99,7	67,7	41,8	57,8	88,4	115,2	153,5	173,8	192,2	1489,9
120	47	191,1	163,1	137,5	105,4	64,1	42,7	56,1	90,3	114	153	172,4	181,4	1471
	57	177,4	149,4	143	99,5	64,2	43,5	57,4	82,9	118,9	146,3	158,1	182,7	1423,3
	90	159,3	136,7	132,1	81,9	52,1	34,5	46,1	67,8	104,8	133,3	142,9	149,1	1240,5
	27	193,8	154,3	133,4	90,6	57,3	40	51,4	77	106,5	146,7	175,1	185,5	1411,5
	37	188,6	157,8	134,4	89,8	58,1	37,3	49,3	79	108,7	148,3	170,5	180,2	1401,9
90	47	195,5	153,4	133,4	93,4	56,8	39,7	51,2	77,5	104,7	151,2	168,9	194,3	1419,9
	57	193,8	151	136,1	87,5	61,7	34,5	51,8	76,5	107,9	140,8	175,1	182,2	1399,1
	90	161,6	140	113,4	78	55,5	37,6	49,8	69,2	84	137,5	144,9	151,2	1222,3
	27	183,5	134,2	98,6	53,8	32,3	24,5	29,3	45	75,8	123,9	160,3	183,4	1144,6
0	37	166,1	117,4	80,3	41,9	31,3	23,7	28,4	38,8	61	107,2	144,5	168,1	1008,7
al	47	72,6	62,4	55,1	40,4	30,1	22,7	27,2	37,3	49,1	63,7	70,1	76,4	607
Sur	57	70,1	61,6	54,8	38,7	28,6	21,5	25,8	35,6	46,9	64,5	67,4	73,5	589,1
	90	86	53,8	44,2	31,7	22,7	16,7	20,4	28,7	38,3	51,2	73,7	90,9	558,2

Los cálculos se realizaron de forma anual utilizados en la Tabla N°4.4 con la inclinación que entrega un equilibrio en el mes de Junio, siendo este el mes crítico, así mismo entrega una alta Irradiación Solar Total, cuyo resultado deja en manifiesto que la inclinación de 47° es la más favorable para estudiar su comportamiento en el mes de Junio entregando 59,4 (kWh/m<sup>2</sup>) a diferencia de una inclinación en 57° que entrega 59,8 (kWh/m<sup>2</sup>) pero con una potencia total menor de 95,2 (kWh/m<sup>2</sup>).

Irradiación solar anual para azimutal 180° al norte



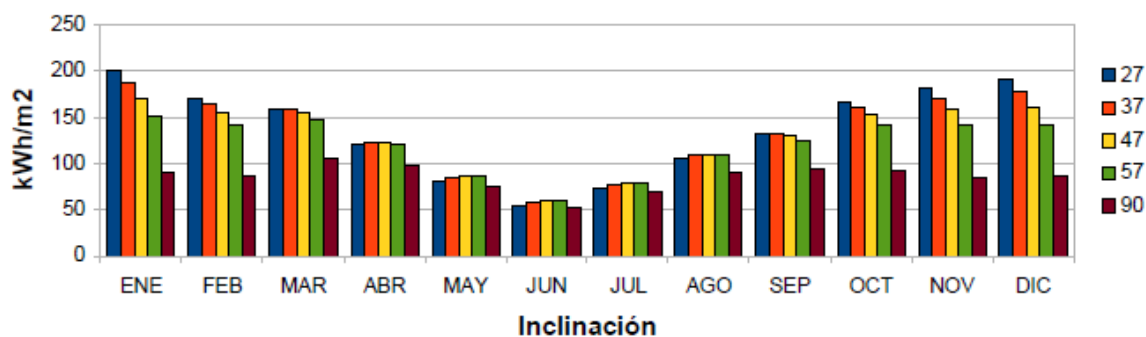


Gráfico N°4.1: Irradiación solar anual para la Ciudad de Concepción.

Luego, con los datos obtenidos de la tabla N°4.4 de la inclinación en 47° y azimut 180°, ya seleccionada, creamos la tabla N°4.5 para calcular el promedio de la radiación diaria y las HSP en la Ciudad de Concepción.

Tabla N°4.5: Hora Solar pico para la Ciudad de Concepción. Resultado de la inclinación en 47° y azimut 180° de la tabla N°4.4.

Mes	Irradiación mensual (kWh/m²)	Radiación diaria promedio (kWh/m²)	HSP
Enero	171	5,52	5,52
Febrero	154,2	5,51	5,51
Marzo	154,2	4,97	4,97
Abril	123,4	4,11	4,11
Mayo	87,3	2,82	2,82
Junio	59,4	1,98	1,98
Julio	78,9	2,55	2,55
Agosto	109,7	3,54	3,54
Septiembre	129,6	4,32	4,32
Octubre	153,1	4,94	4,94
Noviembre	157,7	5,26	5,26
Diciembre	160,8	5,19	5,19

## 4.2 BLOQUES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO:

El esquema de proceso de un sistema fotovoltaico es el siguiente.

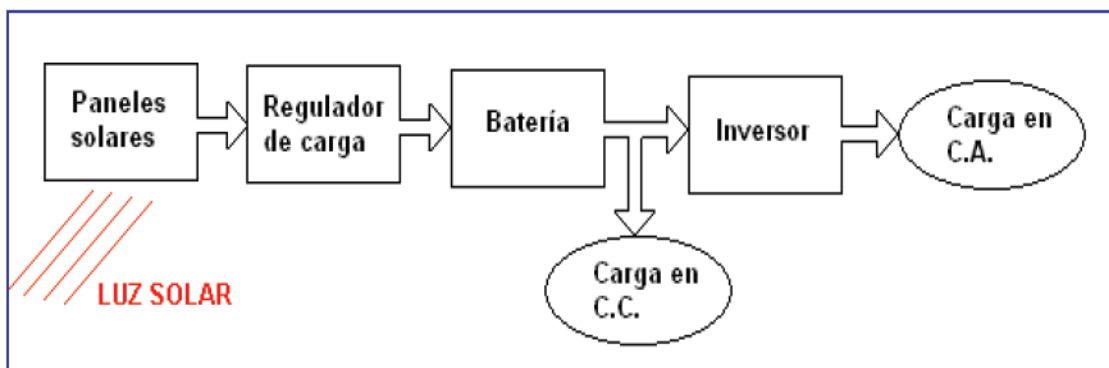


Figura 4.3: Esquema sistema fotovoltaico.

Un sistema fotovoltaico se compone de cinco bloques: Bloque de generación, bloque de acumulación, bloque de monitoreo, bloque de carga y bloque de cableado, como se puede apreciar en la siguiente figura.

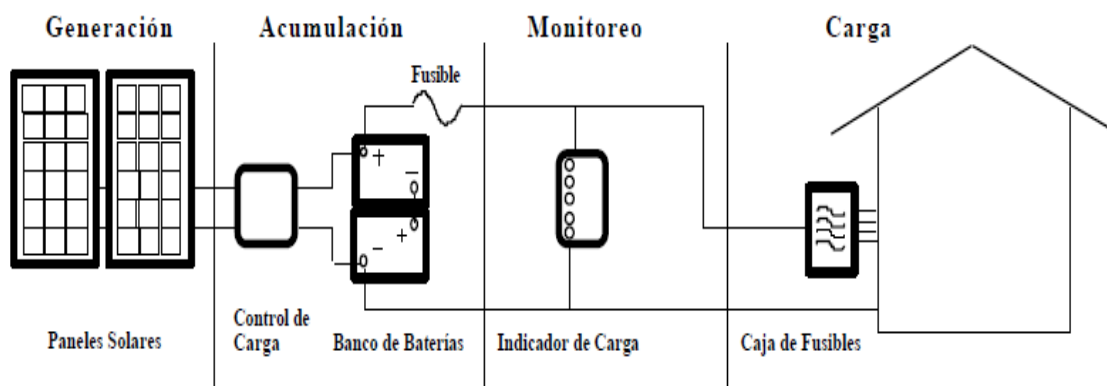


Figura 4.4: Sistema fotovoltaico básico.

**EL BLOQUE DE GENERACIÓN:** Los paneles FVs forman el bloque de generación el número de ellos depende de varios factores. Entre ellos, los más obvios, son la insolación del lugar, el valor energético de la carga y la máxima potencia de salida por panel. Su acción es equivalente al de un generador de CC alimentado por la luz solar. La mayor parte de la



energía eléctrica que generan es acumulada en las baterías. Ósea la mayor parte ya que es imposible acumular toda la energía generada debido a las pérdidas asociadas con el proceso de carga.

**EL BLOQUE DE ACUMULACIÓN CONTIENE TRES COMPONENTES:** El banco de baterías, el control de carga y el fusible de protección. El banco de acumulación usa, casi con exclusividad, un tipo especial de baterías llamadas batería solar. El control de carga cumple dos funciones: garantiza un régimen de carga adecuado para las baterías y evita la descarga de las mismas a través de los paneles durante la noche, cuando el voltaje de salida es nulo. Si no se usa un control el régimen de carga podría sobrecargar las baterías, acortando la vida útil de las mismas. El fusible de batería es incorporado al sistema como un elemento de seguridad. Aun cuando el banco consista de una sola unidad, un cortocircuito accidental entre los bornes de salida significa que la corriente que circula por la batería alcanzara valores de miles de amperes, por varios segundos, acelerando la reacción química y disipación de calor dentro de la misma. Los gases generados no escapan en su totalidad, llegando a producir una violenta explosión. Como las baterías utilizan electrolitos altamente corrosivos, las consecuencias pueden ser trágicas. Cortocircuitos que no terminan en explosiones acortan la vida útil de las baterías y pueden dañar la aislación de los cables de conexión.

**EL BLOQUE DE MONITOREO:** Cumple la función de informar, en cualquier momento, si las baterías poseen carga adecuada. Desde un punto de vista práctico la presencia de un componente actuando como monitor del estado de carga puede no ser necesaria, pero su función si lo es, ya que este alarga considerablemente el tiempo de vida útil del banco de baterías.

**EL BLOQUE DE CARGA:** Representa los circuitos de entrada y dentro de la casa. La caja de fusibles permite la separación de las aéreas de consumo. Esto facilita la desconexión de una sección en caso de que se necesite reparar o ampliar esa parte del circuito. Esta opción es muy ventajosa cuando esa sección sufre un cortocircuito, ya que puede contarse con energía eléctrica en otra sección de la casa.

**EL BLOQUE DE CABLEADO:** Es considerado uno de los bloques básicos del sistema porque el dimensionamiento del mismo tiene un rol muy importante en la reducción de pérdidas de energía en el sistema. Hay que tener en cuenta que para un mismo nivel de consumo, la corriente es mayor si el sistema es de bajo voltaje. Un mayor amperaje significa un incremento de las pérdidas de voltaje y disipación. La sección de conductor a usarse debe ser hecha teniendo en cuenta varios factores, los más importantes son: la capacidad del cable de manejar la corriente máxima que debe circular por el mismo, el tiempo de aislamiento y el material con que está hecho el conductor.

### 4.3 Cálculo de la Instalación Fotovoltaica

---

A continuación se dará una tabla de datos de los consumos que se utilizarán constantemente en el uso de ERNC FOTOVOLTAICO.

Tabla N° 4.6 consumos necesarios para el funcionamiento

Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Horas/Día	Energía (Wh)
Iluminación	2	5	6	60
Iluminación	2	4	6	48
Total	6			108

Con el dato de la energía demandada por los consumos realizamos el cálculo de la demanda real de energía, al que incorporamos las pérdidas producidas en la instalación del sistema fotovoltaico.

Consumo Energético Real:

$$E_R = \frac{E_T}{R} (Wh) \quad \text{Ecuación: (4.2)}$$

Dónde:

ER = Energía total real (Wh).

ET = Energía total teórica (Wh).

R = Rendimiento.

Donde R corresponde al factor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica, y se calcula según la Ecuación 4.3:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) * \left(1 - \frac{k_a * N}{p_d}\right) \quad \text{Ecuación: (4.3)}$$

Donde los factores de la Ecuación (4.3) son los siguientes:

- $k_b$ : Coeficiente de pérdidas por rendimiento del banco de baterías
  - 0,05 en sistemas que no demanden descargas profundas
  - 0,1 en sistemas con descargas profundas
  
- $k_c$ : Coeficiente de pérdidas en el inversor
  - 0,05 para inversores senoidales puros, trabajando en régimen nominal
  - 0,1 para inversores trabajando fuera del régimen nominal
  
- $k_v$ : Coeficiente de pérdidas varias (pérdidas en conductores, efecto joule, etc.)
  - se consideran valores de referencia entre 0,05 y 0,15
  
- $k_a$ : Coeficiente de auto-descarga diario
  - 0,002 para baterías de baja auto-descarga Ni-Cd
  - 0,005 para baterías estacionarias de Pb-ácido
  - 0,012 para baterías de alta auto-descarga (arranque de vehículos)

- N: número de días de autonomía de la instalación
- Días en que la instalación trabajará bajo condiciones de irradiación mínimas (días nublados continuos), se consumirá más energía de la que se genera.
- La norma chilena indica que los días de autonomía son de 3 días a 15 días.
- $p_d$ : Profundidad de descarga diaria de la batería
- No deberá exceder el 80% de su capacidad nominal, a fin de evitar afectar la vida útil del banco de baterías.

Se estiman los siguientes coeficientes de pérdidas:

Tabla N°4.7 valores de los coeficientes de pérdidas seleccionados

Coeficientes de perdidas	$k_a$	$K_b$	$k_c$	$k_v$	$N$	$p_d$
Valores	0,005	0,1	0,05	0,15	3	0,8

Por lo tanto, y según la Ecuación 4.3, el rendimiento de la instalación será:

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,15) * \left(1 - \frac{0,005*3}{0,8}\right) = 0,69$$

De acuerdo a la formula (4.2) la energía real consumida ( $E_R$ ) será:

$$E_R = \frac{E_T}{R} (Wh) = \frac{108}{0,69} = 156,52 (Wh)$$

### 4.3.1 Selección del Panel Fotovoltaico.

---

En la selección de los paneles fotovoltaicos se calculará la cantidad mínima a utilizar, donde se trabajará un Sistema con Paneles Fotovoltaicos Estáticos.

Para determinar el mínimo de paneles se recurre a la siguiente formula:

$$N_p = \frac{E_R}{0,9 * W_p * HSP} \quad \text{Ecuación: (4.4)}$$

Dónde:

$E_R$  : Energía total real.

HSP: Horas Solar Pico mes crítico.

$W_p$  : Potencia máxima del panel fotovoltaico.

$N_p$  : Cantidad de paneles a utilizar.

El valor 0,9 es una constante de rendimiento proporcionada por el fabricante del panel fotovoltaico (ver anexo A)

La potencia máxima del panel fotovoltaico se obtiene del proveedor del panel FV. (Ver anexo A)

Para obtener un sistema FV operativo todo el año, se requiere realizar el cálculo en el mes que presenta menores horas de luz solar (HSP), ya que en esta condición se presenta el menor aporte de irradiación solar.

Con los datos de la tabla N°4.5 y la ecuación 4.2, se procede al cálculo del panel con la ecuación 4.4

$$N_p = \frac{156,52}{0,9 * 100 * 1,98} = 0,88$$

Por lo tanto el número de paneles es 1.

#### **4.3.2 Cálculo del banco de baterías**

---

Para la selección del banco de las baterías, se tienen que considerar los días de autonomía, que son aquellos días en que el sistema puede continuar sus funciones sin que exista

generación de energía de la fuente primaria (paneles). Esto se logra mediante la acumulación de la cantidad de energía necesaria con este fin en las baterías.

Hay que tener en cuenta además, que las baterías no deben descargarse por debajo del límite establecido por el fabricante porque disminuye su tiempo de vida útil, no es conveniente someter a las baterías a un proceso de carga, cuando han alcanzado un 100% por que también se reduce su tiempo de vida útil.

Para estimar la capacidad total del sistema que se debe almacenar se utiliza la siguiente ecuación:

$$C = \frac{E*N}{V*P_d} \quad \text{Ecuación: (4.5)}$$

Dónde:

$C$  = capacidad de la batería.

$V$  = Tensión nominal de la batería (12 V).

$E$  = Consumo real.

$N$  = Número de días de autonomía.

$P_d$  = Porcentaje de descarga permitido para la descarga.

$$C = \frac{156.52 \times 3}{12 \times 0.80} = 48.91 \text{ (Ah)}$$

Entonces se debe seleccionar una batería o un grupo de ellas con la cual se obtenga una cifra mayor o igual a 49 Ah.

### **4.3.3 Cálculo del regulador de carga**

Para la selección de un regulador de carga es necesario determinar la intensidad de corriente máxima nominal que podrá generar el sistema fotovoltaico, para ello se multiplica la intensidad de cortocircuito del panel por el número de paneles necesarios en la instalación.

$$I_{maximo} = I_{sc} \times NP \quad \text{Ecuación: (4.6)}$$

Dónde:

$I_{m\acute{a}ximo}$ : Corriente máxima para el regulador.

$I_{sc}$ : Corresponde a la corriente de cortocircuito de los paneles fotovoltaico.

$N_p$ : Cantidad de módulos fotovoltaicos.

Resultando:

$$I_{maximo} = 6.32 \times 1 = 6.32 \text{ (A)}$$

Esto indica que el panel fotovoltaico entregará una corriente máxima para el regulador de 6.32 (A).

La Norma chilena indica que, el regulador de carga debe soportar la corriente máxima entregada por los paneles fotovoltaicos aumentada en un 25%.

$$I_{maximo} = 1.25 \times 6.32 = 8 \text{ (A)}$$

El regulador a utilizar en el sistema fotovoltaico es el modelo Blue Solar 12/24V-10A de la empresa Victron Energy y sus características técnicas se encuentran en el anexo A.

#### 4.3.4 Cálculo del inversor

---

Para seleccionar un inversor de voltaje se requiere la potencia máxima instantánea que demandara el sistema en estudio, esto quiere decir que cuando estén todos los elementos que presenten consumo de energía conectados al sistema fotovoltaico, se obtendrá el máximo

consumo, el cual el inversor debe soportar. Se recomienda aumentar este valor en un 10% por motivos de seguridad.

$$P_{mi} (W) = consumo \times 1,1 \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

Dónde:

$P_{mi}$  = potencia máxima instantánea

Tabla N° 4.8: Consumo energético máximo esperado.

Equipos	Cantidad	Potencia (W) por unidad	Consumo (W)
Iluminación	2	5	10
Iluminación	2	4	8
Consumo total			18

$$Por\ lo\ tanto\ la\ p_{mi} = 18 \times 1.1 = 19.8 (W)$$

Tabla N° 4.9: Datos necesarios para la selección del inversor.

VARIABLES	Valor
Tensión de entrada	12 Vcc
Tensión de salida	220 Vac
Frecuencia	50 Hz
Potencia máxima	19.8 W

Entonces, se debe seleccionar un inversor de voltaje superior o igual a 19.8 (W) de potencia

#### 4.3.5 Conductores a utilizar para sistemas fotovoltaicos (SEC)

---

DIVISIÓN DE INGENIERÍA DE ELECTRICIDAD

INSTRUCCIÓN TÉCNICA: RGR N° 02/2014



MATERIA: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED.

REGLAMENTO: D.S. N°71 REGLAMENTO DE LA LEY N° 20.571, QUE REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES.

FUENTE LEGAL: LEY N° 20.571; REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES.

RESOLUCIÓN EXENTA: RE N° 5536 de fecha 17.10.2014

... “11. Conductores y Canalización.

11.1. 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.

11.2. 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.

11.3. 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.

11.4. Los conductores y conexiones eléctricas no deben quedar sometidos a esfuerzos mecánicos permanentes ni accidentales.

11.5. 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.

11.6. 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 1169/08.2007.11.7.

11.7. 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.

11.8. 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 %.

11.9. 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 punto 13.8 y/o para soportar la corriente inversa máxima que se pueda generar en la unidad de generación.

11.10. 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 sobrecorriente establecido en el punto 13.14

11.11. 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%.

11.12. La sección mínima de los conductores activos será de  $2.5 \text{ mm}^2$  y la sección mínima del conductor de tierra será de  $4 \text{ mm}^2$ .

11.13. 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

11.14. 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.

11.15. 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.

11.16. 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.

11.17. 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.

11.18. Los sistemas fotovoltaicos deberán poseer resistencia de aislamiento igual o superior a los valores señalados la tabla N°2.”...

**Tabla 2 – Valores mínimos de resistencia de aislamiento**

Método de ensayo	Tensión del sistema ( $V_{oc\ stc} \times 1,25$ ) V	Tensión del ensayo V	Resistencia mínima de aislamiento MΩ
Método de ensayo 1 Separar los ensayos del terminal positivo y negativo del generador	< 120	250	0,5
	120 – 500	500	1
	> 500	1 000	1
Método de ensayo 2 Terminales positivo y negativo del generador cortocircuitados	< 120	250	0,5
	120 – 500	500	1
	> 500	1 000	1

#### 4.3.5.1 Sección de conductores eléctricos

La norma chilena presenta requisitos obligatorios para el dimensionamiento de conductores eléctricos, indicando valores mínimos de las secciones de los cables en cada una de las líneas, estas son:

“Del generador fotovoltaico al regulador de carga: 2,5 mm<sup>2</sup>”;

“Del regulador de carga a las baterías: 4 mm<sup>2</sup>”

Estos valores son tomados como referencia.

Tabla N°4.10: resistividad de los conductores.

	$\rho_t = \rho_{20} * (1 + \alpha * \Delta t)$		
	20°C	70°C	90°C
Cobre	0,018 Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0215 Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0229 Ωmm <sup>2</sup> /m
Aluminio	0,029 Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0348 Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0372 Ωmm <sup>2</sup> /m

Teniendo en cuenta que la conductividad es la inversa de la resistividad.

$$c = \frac{1}{\rho} \text{ (m/}\Omega * \text{mm}^2\text{)} \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

Para determinar la Sección del cable conductor en milímetros cuadrados se utiliza una fórmula que requiere de la siguiente información: saber el material a utilizar, el largo del cable, la caída de voltaje y la corriente que circulara por éste.

$$S(mm^2) = \frac{2 \times L(m) \times I(A)}{c \left( \frac{m}{\Omega \times mm^2} \right) \times \Delta V(Volt)} \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

$S$  = Sección del conductor eléctrico.

$I$  = Intensidad de corriente en Amperios.

$L$  = largo del conductor.

$C$  = Conductividad eléctrica del material

$\Delta V$  = Caída de tensión desde el principio hasta el final de la línea.

La caída de tensión del sistema es regulado por la Norma Chilena indicando el porcentaje máximo que se debe presentar de un elemento a otro.

*“12.8 Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean menores que 3% entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga, menores que 1% entre la batería y el regulador de carga, y menores que 5% entre el regulador de carga y las cargas.”*

Se debe calcular las secciones de los conductores para cada componente, esto quiere decir que de un elemento a otro el área del cable es diferente, dividiendo así el sistema fotovoltaico en tramos.

El primer tramo define los cables: desde el panel fotovoltaico, hasta el regulador.

- $L = 1$  metros.
- $I = 6,32$  Amperes (Corriente de corte del panel).
- $K = 44 \text{ m/mm}^2 * \Omega$  (Conductividad eléctrica del cobre a 90 °C).
- $\Delta V = 1.5 \%$  del voltaje

$$S(mm^2) = \frac{2 \times 1 \times 6,32}{44 \times (0,015 \times 12)}$$

$$S = 1,6 (mm^2)$$

El segundo tramo es del regulador a la batería.

- $L= 1,4$  metros.
- $I= 8$  Amperes (Corriente que debe soportar el regulador).
- $K= 44 \text{ m/mm}^2 * \Omega$  (Conductividad eléctrica del cobre a  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- $\Delta V= 1\%$  del Voltaje.

$$S(\text{mm}^2) = \frac{2 \times 1,4 \times 8}{44 \times (0,01 \times 12)}$$

$$S = 4,24 (\text{mm}^2)$$

El tercer tramo es entre el regulador y el inversor de corriente.

- $L= 0,5$  metros.
- $I= 8$  Amperes (Corriente que debe soportar el regulador).
- $K= 44 \text{ m}/\Omega \times \text{mm}^2$  (Conductividad eléctrica del cobre a  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- $\Delta V= 5\%$  del Voltaje.

$$S(\text{mm}^2) = \frac{2 \times 0,5 \times 8}{44 \times (0,05 \times 12)}$$

$$S = 0,3 (\text{mm}^2)$$

El resultado de las secciones de los tramos es el valor mínimo que puede presentar el conductor para que las pérdidas no sean mayores que las indicadas en la Norma.

#### **4.3.5.2 Selección del tipo de cable para la instalación fotovoltaica**

---

Los sistemas fotovoltaicos, como toda instalación que queda permanente al aire libre, deben estar diseñadas para resistir las duras inclemencias meteorológicas (temperaturas ambientales extremas, radiación solar ultravioleta, humedad, resistencia a los impactos...) que condicionan la calidad de los materiales empleados.

Hasta hace relativamente poco, y debido a la falta de normalización al respecto, se utilizaba para el cableado y conexionado entre los paneles, de éstos con la caja del regulador de carga y de aquí al inversor, cables eléctricos del tipo RV-K, muy comunes en cualquier otra instalación eléctrica, pero que para los usos en instalaciones fotovoltaicas ofrecen

características limitadas. En efecto, el polietileno reticulado de la cubierta de los cables tipo RV-K es un material adecuado para aislamientos de cables eléctricos convencionales, pero para aplicaciones más exigentes, como el caso de las instalaciones fotovoltaicas, existen actualmente otros materiales también reticulados pero con características muy mejoradas, idóneos para estas aplicaciones.

De este modo, para el uso específico en instalaciones fotovoltaicas, se recomienda emplear cables del tipo *PV ZZ-F*, que están especialmente concebidos para aplicaciones fotovoltaicas.















Figura N° 4.5: Conductores

Los cables **PV ZZ-F** son cables unipolares con doble aislamiento, que tienen capacidad para transportar corriente continua hasta 1.800V de manera eficiente y con gran durabilidad en el tiempo.

Los cables tipo PV ZZ-F ofrecen gran resistencia térmica, además de una gran resistencia climática (rayos UV, frío, humedad...), que se comprueba mediante ensayos de resistencia a la intemperie. También presentan un excelente comportamiento y resistencia al fuego, que se comprueba mediante ensayos específicos de incendio. Para ello, los materiales empleados para el aislamiento y la cubierta de este tipo de cables son de alta calidad, reticulados, de alta resistencia mecánica, resistentes también a la abrasión, flexibles y libres de halógenos. Asimismo, el conductor interior de los cables PV ZZ-F deberá estar estañado, confiriéndose así una mayor resistencia a una posible corrosión por oxidación.

En la siguiente tabla se indica el tipo de cable que se va a emplear en los tramos en continua:

Tabla N° 4.11: Cables flexibles tipo PV ZZ-F
--

Conductor: Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según EN 60228			
Aislamiento: Goma libre de halógenos tipo EI6.			
Cubierta: Goma ignifugada tipo EM8, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.			
Embalaje: Disponible en rollos con film retractilado (longitudes de 50 y 100 m) y bobinas.			
Norma Nacional/ Europea: UNE-EN 60332-1 / UNE-EN 50267-1 / UNE-EN 50267-2 / UNE-EN 61034 / NFC 32-070 (C2)			
Norma Internacional: IEC 60332-1 / IEC 60754-1 / IEC 60754-2 / IEC 61034			
Características:			
			
Conductor flexible, clase 5/6	Temperatura máxima del conductor: 120°C	Temperatura máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s)	Radio de curvatura diámetro exterior
			
Resistencia a los impactos: AG2. Impacto medio	Instalación al aire libre: permanente	Resistencia al agua: AD7 inmersión	Resistencia a los ataques químicos: excelente
			
Resistente a los rayos ultravioletas	Resistencia a grasas y aceites: excelente	Resistencia a la abrasión	Instalaciones solares fotovoltaicas

Los tramos de cables en corriente continua serán tramos compuestos de dos conductores activos (positivo y negativo).





Fig N° 4.6: Cable pv zz-f

#### 4.4 Diseño y costos de la Estructura para el centro de ERNC Fotovoltaico en Universidad del Bío-Bío

---

Los materiales a utilizar para la estructura del sistema ERNC fotovoltaico serán principalmente de acero y madera, el acero a ocupar para la estructura es del tipo perfil ángulo doblado ver fig. N° 4.7.

El tipo de madera que se ocupará en la base de la estructura y en el centro de la misma para que puedan ocupar como mesa de trabajo será una plancha de Oregon aglomerado desnudo

El perfil ángulo es un perfil de alas iguales con una amplitud de 90° entre ellas formando así una sección transversal en forma de L de lados iguales. Esta forma en particular permite muchas aplicaciones refiriendo a estructuras resistentes con una terminación visual considerablemente buena.

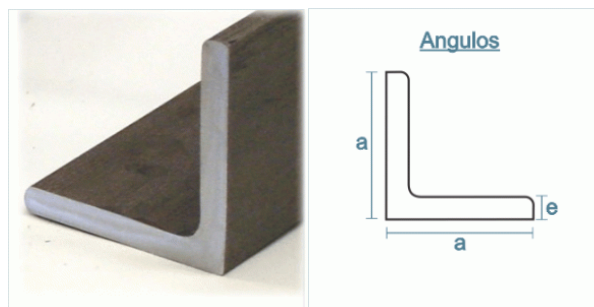


Figura 4.7: Perfil ángulo Doblado

Dónde:

A= 40 mm



E= 3 mm

L =largo=3mt

Tabla N°4.12: Materiales y sus costos para la estructura del centro ERNC Fotovoltaico.

Material	Cantidad	Valor x unidad	Valor
Perfil ángulo de acero 40mm x 3mm x 6mt	6 tiras	\$ 6.162	\$36.972
Plancha de Oregón aglomerado 18mm x 1.020 mt x 2.40 mt	1plancha	\$ 36.490	\$36.490
Ruedas giratorias	4	\$7.190	\$28.760
Total			\$102.222

Fuente: VER ANEXO B

<b>COTIZACION PROYECTO</b>					
<b>1. ANTECEDENTES</b>					
<b>Empresa</b>	RG INGENIERIA MONTAJE Y SERVICIO LTDA.	<b>Fecha Oferta</b>	27-03-2015		
<b>Teléfono</b>	412426321	<b>E-mail</b>	concepcion@rgingenieria.cl		
<b>2. DESCRIPCION DEL SERVICIO COTIZADO</b>					
Centro ERNC Fotovoltaico					
<b>3. DETALLE DE LA OFERTA</b>					
<b>3.1 Mano de Obra</b>					
Descripción	Cantidad	H.H.	Total H.H.	Precio Unitario	Costo Total
Supervisor	1 c/u	4	4	5.700	22.800
Prevencionista	1 c/u	3	3	5.000	15.000
Soldador	1 c/u	5	5	4.800	24.000
Maestro	1 c/u	8	8	4.500	36.000
Ayudante	1 c/u	8	8	4.000	32.000
<b>3.2 Materiales</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	
Panel fotovoltaico 100 (W) 1.005x670x35 (mm)	c/u	1	118.000	118.000	
Batería gel	c/u	1	95.697	95.697	
Inversor 12/180 senosoidal	c/u	1	79.662	79.662	
Regulador	c/u	1	26.000	26.000	
<b>3.3 Logística</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	
Traslado de materiales a la empresa	gbl	1	50.000	50.000	
<b>3.4 Resumen de costos</b>					
Costo total mano de obra		129.800			
Costo total materiales, repuestos y/o equipos		319.359			
Costo total logística		50.000			
<b>Sub-total</b>		<b>499.159</b>			
<b>Gastos generales y utilidad</b>		<b>149.748</b>			

<b>Valor Total Oferta (Neto)</b>	<b>648.907</b>	<i>Carolina Gallegos Montero - GG</i>
----------------------------------	----------------	---------------------------------------

#### 4.5 Cotización del proyecto de los equipos y horas-hombre

---

#### 4.6 Valores de los equipos

---

A continuación se describe los valores (IVA incluido) de los equipos seleccionados.

##### 4.6.1 Panel fotovoltaico

---

El panel seleccionado es de la marca Victron Energy, modelo SPP101-12 Blue Solar 100W 12V

Tabla N°4.13: Precio panel fotovoltaico

Modelo	Valor
SPP101-12	\$118.000
Fecha de cotización	02 de marzo de 2015

Fuente: VER ANEXO B

##### 4.6.2 Batería

---

La batería seleccionada es de marca Ultracell, modelo UCG 65-12, de 12 volt y 65 Ah.

Tabla N° 4.14: Precio de la batería

Modelo	Valor
UCG 65-12	\$ 95.697
Fecha de cotización	2 de marzo de 2015

Fuente: VER ANEXO B

##### 4.6.3 Regulador de carga

---

El regulador de carga seleccionado es de marca Victron Energy, modelo Blue Solar, de 10 amperes y 12 volt y la empresa que presenta el valor más económico por este producto es.

Tabla N° 4.15: Precio del regulador de carga marca Victron Energy de 10 amperes y 12 volt

Modelo	Valor
Blue solar	\$ 26.000
Fecha de cotización	02 de marzo de 2015

Fuente: ANEXO B

#### 4.6.4 Inversor

---

El inversor de carga seleccionado es de marca Victron Energy, modelo Phoenix invertir 12/180 de onda sinusoidal pura, de 12Volt y 50 Hz de frecuencia

Tabla N° 4.16: Precio del inversor

Modelo	Valor
Phoenix invertir 12/180	\$ 79.662
Fecha de cotización	02 de marzo de 2015

Fuente: ANEXO B

#### 4.6.5 Costo total de los equipos

---

Costo aproximado del proyecto fotovoltaico.

Tabla N° 4.17

Elemento	Cantidad	Valor
Panel	1	\$118.000
Batería	1	\$ 95.697
Regulador	1	\$ 26.000
Inversor	1	\$79.662
Total		\$319.359

## Comentarios y Conclusiones

---

- La energía fotovoltaica es la transformación de la energía aportada por el sol a energía eléctrica, realizando este proceso a través de células fotovoltaicas, que agrupadas reciben el nombre de paneles solares, los cuales absorben la radiación solar (Irradiancia) transformándola en corriente continua
- En base a la investigación y desarrollo realizado, se deduce que a la hora de implementar cualquier sistema de producción energética de tipo renovable, se debe considerar un estudio preliminar, ya sea este referido a un análisis meteorológico, geográfico y constructivo, de tal manera que se pueda determinar la factibilidad de su instalación.
- El mayor obstáculo que se presentó al comienzo de la investigación fue la poca información existente sobre los valores de irradiación solar en la zona sur de Chile, esta información es fundamental a la hora de desarrollar un diseño óptimo.
- En el plano académico, se constituye como una herramienta fundamental y trascendental para el desarrollo profesional e integral del estudiante de Ingeniería gracias al aporte científico que estas tecnologías llevan consigo. Esto se debe a que estos tipos de tecnologías, introducen innovadoras metodologías de análisis energéticos parcialmente diferentes a los sistemas de generación eléctrica convencionales, contribuyendo al desarrollo anteriormente mencionado. Es decir esta Universidad, al contar con este tipo de laboratorio formará nuevos profesionales comprometidos con el medio ambiente.
- En el mercado existen variadas opciones de equipos generadores y almacenadores de energía fotovoltaica. Por lo que es fundamental conocer las características que entrega el fabricante tanto de paneles fotovoltaicos como el dispositivo regulador,

inversor y baterías acumuladoras de energía.

## **Bibliografía**

---

- [1] Gobierno de Chile CNE. (2008). Normas Energías Renovables, Energía Fotovoltaica. Santiago, Chile: CNE, PNUD, GEF.
  
- [2] CNE, Instituto Nacional de Normalización. (2008). Normas Energías Renovables, Sistemas Híbridos. Santiago, Chile: CNE.
  
- [3] Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (2003). NCH Elec. 4/2003 Electricidad Instalaciones de Consumo en Baja Tensión. Santiago, Chile: SEC.
  
- [4] Comisión Nacional de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment Facility, Universidad Técnica Federico Santa María. (2008). Irradiancia solar en territorios de la república de Chile. Octubre 15, 2014, de CNE, PNUD, GEF, UTFS Sitio web: <http://www.labsolar.utfsm.cl/images/stories/RegistroSolarimetrico.pdf>.
  
- [5] Centro para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables. (2015). Estado de Proyectos ERNC en Chile. Febrero 20, 2015, de CIFES, CEDEC, CNE Sitio web: [http://www.cifes.gob.cl/reporte/2015/REPORTE\\_Febrero2015%20V3.pdf](http://www.cifes.gob.cl/reporte/2015/REPORTE_Febrero2015%20V3.pdf).
  
- [6] Wikipedia. (2007). Energía Solar Fotovoltaica. Octubre 13, 2014, de Wikipedia Sitio web: [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_fotovoltaica](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica)

## ANEXO A

# “CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS”



**I. Características técnicas panel fotovoltaico.**

Para el proyecto se utilizara un panel fotovoltaico policristalino de la marca Blue Solar de 100W.



Tipo	Tamaño del módulo	Tamaño del cristal	Peso	Rendimiento eléctrico bajo STC <sup>(1)</sup>				
				Nominal Potencia	Tensión máxima	Corriente máxima	Tensión en vacío	Corriente de cortocircuito
				P <sub>MPP</sub>	V <sub>MPP</sub>	I <sub>MPP</sub>	V <sub>oc</sub>	I <sub>sc</sub>
Módulo	mm	mm	kg	W	V	A	V	A
SPP30-12	735x350x25	730x345	5,2	30	18	1.72	22.5	1.85
SPP51-12	540x670x35	535x665	5,3	50	18	2.85	22.2	3.09
SPP81-12	915x670x35	910x665	8	80	18	4.6	21.6	5.06
SPP101-12	1005x670x35	1000x665	9	100	18	5.75	21.6	6.32
SPP140-12	1480x670x35	1474x664	12.5	140	18	8.05	21.6	8.85
SPP280-24	1956x992x50	1950x986	24	280	36	7.7	44.06	8.26
Módulo	SPP30-12		SPP51-12	SPP81-12	SPP101-12	SPP140-12	SPP280-24	
Potencia nominal (tolerancia ±3%)	30W		50W	80W	100W	140W	280W	
Tipo de celda	Policristalina							
Cantidad de celdas en serie	36				72			
Tensión máxima del sistema (V)	1.000V							
Coefficiente de temperatura de P <sub>MPP</sub> (%)	-0.47/°C	-0.48/°C	-0.48/°C	-0.48/°C	-0.48/°C	-0.48/°C	-0.47/°C	
Coefficiente de temperatura de V <sub>oc</sub> (%)	-0.34/°C	-0.34/°C	-0.34/°C	-0.34/°C	-0.34/°C	-0.35/°C	-0.34/°C	
Coefficiente de temperatura de I <sub>sc</sub> (%)	+0.045/°C	+0.037/°C	+0.037/°C	+0.037/°C	+0.037/°C	+0.037/°C	+0.045/°C	
Rango de temperatura	-40°C a +85°C							
Capacidad de carga máxima en su superficie	200kg/m <sup>2</sup>							
Resistencia máxima al impacto	23m/s, 7.53g							
Tipo de caja de conexiones	PV-JH03-2	PV-JH02	PV-JH02	PV-JH02	PV-JH02	PV-JH02	PV-JH200	
Tipo de conector	MC4							
Longitud de los cables	450mm	750mm	900mm			1000mm		
Tolerancia de salida	+/-3%							
Bastidor	Aluminio							
Garantía del producto	2 años							
Garantía sobre el rendimiento eléctrico	10 años 90% + 25 años 80% de la entrega de potencia							
Cantidad mínima de unidades por embalaje	1 panel							
Cantidad por palet	40 paneles	40 paneles	20 paneles	20 paneles	20 paneles	20 paneles		

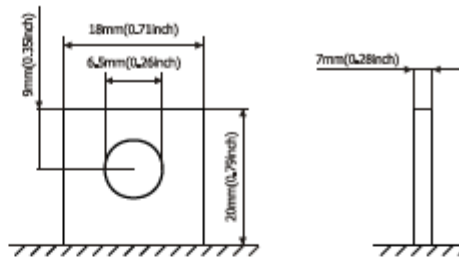
1) STC (Condiciones de prueba estándar): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM (masa de aire) 1,5

## II. Características técnicas de la batería.

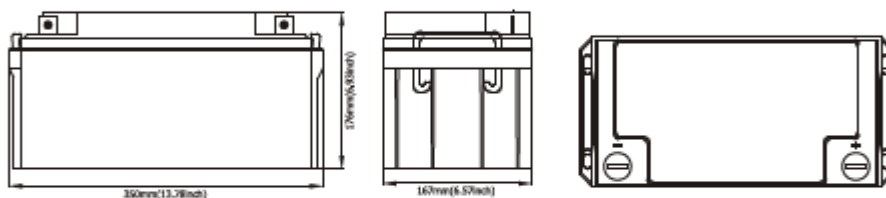
Image



Terminal Type



Dimensions



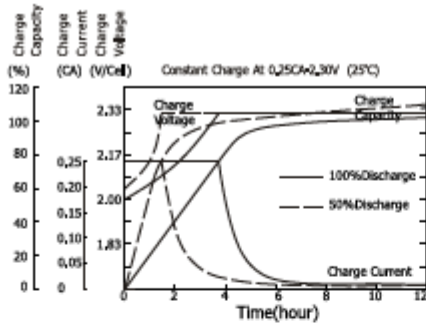
Specifications

Battery Model	UCG 65 - 12			
Designed Floating Life	15 Years			
Capacity (25°C)	20HR (3.25A, 1.75V)	10HR (6.4A, 1.75V)	5HR (10.8A, 1.75V)	1HR (39A, 1.75V)
	65AH	64AH	54AH	39AH
Dimensions	Length	Width	Height	Total Height
	350mm	167mm	176mm	176mm
Approx. Weight	22Kg			
Internal Resistance	Fully Charged at 25°C 0.0058Ohm			
Self Discharge	3% of capacity declined per month at 25°C			
Capacity Affected by Temperature	40°C	25°C	0°C	-15°C
	102%	100%	85%	65%
Charge Voltage (25°C)	Cycle Use		Float Use	
	14.4-15V (-30mV/C), max. Current: 16.25A		13.6-13.8V (-20mV/C)	

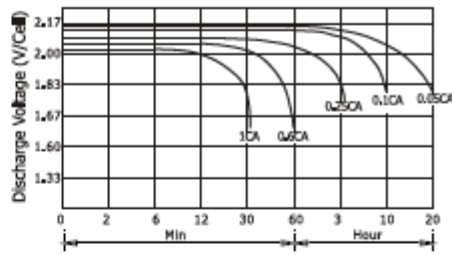
Construction

Component	Raw material	Sealant	Epoxy Resin
Positive	Lead dioxide	Safety Valve	EPDR
Negative	Lead	Terminal	Copper
Container	ABS (Flame Retardant optional)	Separator	Fibre Glass
Cover	ABS (Flame Retardant optional)	Electrolyte	Sulphuric acid and Gel
Sealed and maintenance free option		Non-spillable construction design	

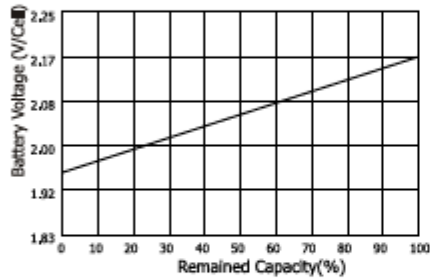
Charge Characteristic



Discharge Characteristic 25°C



Relationship of OCV and state of charge



Life Expectancy Cycle Use:

- 100% depth of discharge 350 cycles
- 80% depth of discharge 600 cycles
- 50% depth of discharge 900 cycles
- 30% depth of discharge 1500 cycles
- 20% depth of discharge 1700 cycles

Constant Current Discharge Ratings - amperes at 25°C

F.V / Time	5 MIN	10 MIN	15 MIN	30 MIN	1 HR	3 HR	5 HR	10 HR	20 HR
1.60 V	228	156	114	68.3	42.9	17.7	12.4	6.89	3.43
1.67 V	205	142	111	66.3	42.8	17.7	12.3	6.79	3.41
1.70 V	194	137	107	65.0	42.7	17.7	12.3	6.74	3.41
1.75 V	173	127	101	63.7	42.3	17.6	12.2	6.62	3.40
1.80 V	156	118	96.2	61.8	41.7	17.5	12.1	6.51	3.28
1.85 V	118	97	83.2	56.8	41.3	17.4	12.0	6.39	3.22

Constant Power Discharge Ratings - watts at 25°C

F.V / Time	5 MIN	10 MIN	15 MIN	30 MIN	1 HR	3 HR	5 HR	10 HR	20 HR
1.60 V	375	259	202	129	84.5	34.1	23.7	13.8	6.85
1.67 V	356	255	20	126	81.7	34.1	23.7	13.5	6.83
1.70 V	332	249	196	123	79.6	34.1	23.7	13.5	6.83
1.75 V	309	233	185	120	78.8	33.5	23.5	13.2	6.80
1.80 V	278	216	174	116	77.5	33.1	23.1	13.0	6.56
1.85 V	22	179	151	107	76.8	33.0	22.8	12.8	6.42

### III. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL REGULADOR.

BlueSolar	BlueSolar 12/24-10	
	12V	24V
Tensión de la batería	Selección automática 2/24 V (1)	
Corriente de carga nominal	10 A	
Salida de la segunda batería	No	
Desconexión automática de la carga	Sí (carga máxima 10/10/20 A)	
Tensión solar máxima	28/55 V (1)	
Autoconsumo	6mA	
<b>Valores predeterminados</b>		
Carga de absorción (2)	14,4V	28,8V
Carga de flotación (2)	13,7V	27,4V
Carga de equalización (2)	n. d.	
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V	22,2V
Reconexión de carga por baja tensión	12,6V	25,2V
<b>Carcasa y medio ambiente</b>		
Sensor de temperatura de la batería	Sí Sensor interno	
Compensación de temperatura	-30mV/°C	-60mV/°C
Temperatura de trabajo	-35°C a +55°C (carga completa)	
Refrigeración	Convección natural	
Humedad (sin condensación)	Max. 95%	
Clase de protección	IP20	
Tamaño de los terminales	6mm <sup>2</sup> / AWG10	
Peso	160/160/180 gr	
Dimensiones (al x an x p)	70x133x34 mm	
Montaje	Montaje vertical de pared Sólo interiores	
<b>Normativas</b>		
Seguridad		
EMC		

1) Para 12V utilice paneles solares de 36 celdas  
Para 24V utilice paneles solares de 72 celdas o 2x 36 celdas en serie

2) Consulte en el manual otros ajustes de tensión de carga.

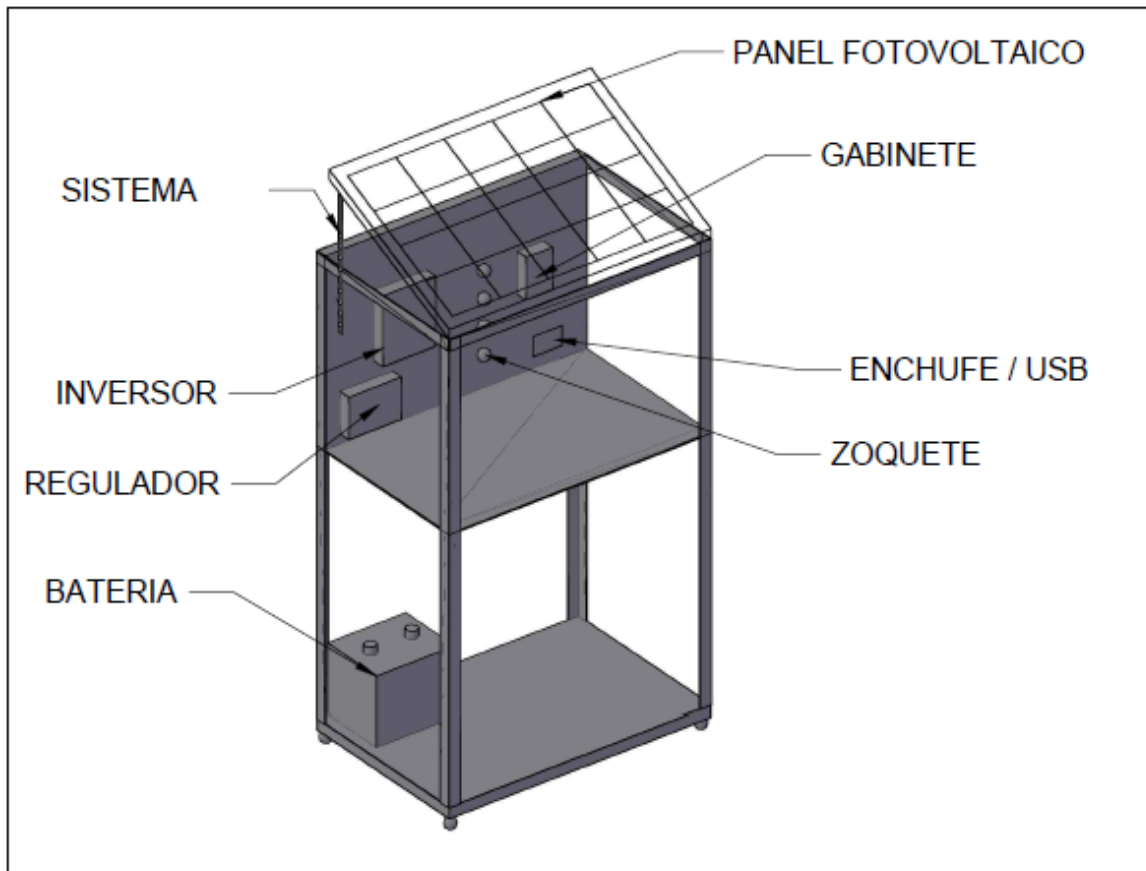


#### IV. Características técnicas del inversor.

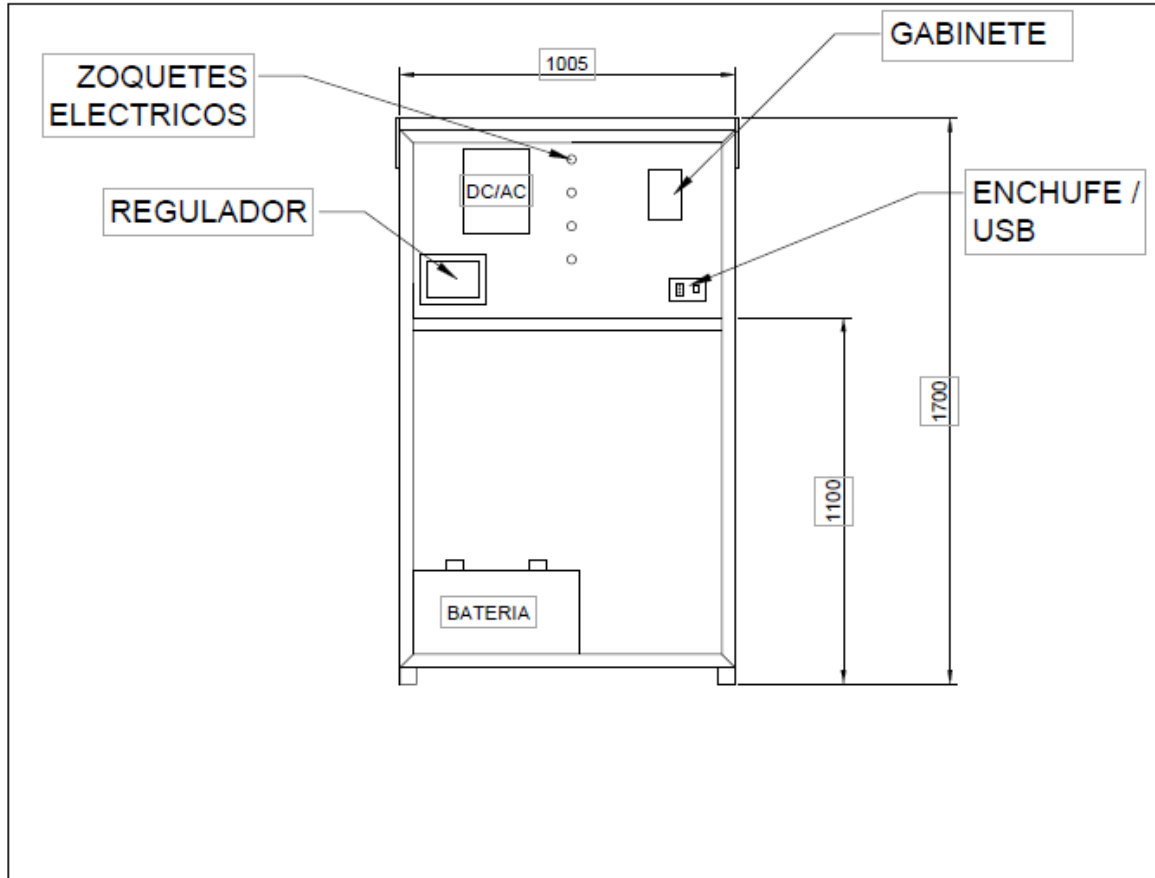
Inversor Phoenix	12 Volt 24 Volt 48 Volt	12/180 24/180	12/350 24/350 48/350
Potencia CA cont. de salida a 25 °C (VA) (3)		180	350
Potencia cont. a 25 °C / 40 °C (W)		175 / 150	300 / 250
Pico de potencia (W)		350	700
Tensión / frecuencia CA de salida (4)		110VAC o 230VAC +/- 3%	50Hz o 60Hz +/- 0,1%
Rango de tensión de entrada (V DC)		10,5 - 15,5 / 21,0 - 31,0 / 42,0 - 62,0	
Alarma de batería baja (V DC)		11,0 / 22 / 44	
Apagado por batería baja (V DC)		10,5 / 21 / 42	
Autorrecuperación de batería baja (V DC)		12,5 / 25 / 50	
Eficacia máx. 12 / 24 / 48 V (%)		87 / 88	89 / 89/90
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)		2,6 / 3,8	3,1 / 5,0 / 6,0
Consumo en vacío en modo de ahorro		n. a.	n. a.
Protección (2)			
Temperatura de funcionamiento		-40 to +50°C (refrigerado por ventilador)	
Humedad (sin condensación)		max 95%	
<b>CARCASA</b>			
Material y color		aluminio (azul RAL 5012)	
Conexiones de la batería		1)	1)
Tomas de corriente CA estándar		230V: IEC-320 (IEC-320 enchufe incluido), CEE 7/4 (Schuko) 120V: Nema 5-15R	
Otros enchufes (bajo pedido)		BS 1363 (Reino Unido) AN/NZS 3112 (Australia/Nueva Zelanda)	
Tipo de protección		IP 20	
Peso en (kg / lbs)		2,7 / 5,4	3,5 / 7,7
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p en pulgadas)		72x132x200 2.8x5.2x7.9	72x155x237 2.8x6.1x9.3
<b>ACCESORIOS</b>			
Panel de control remoto		n. a.	n. a.
Interruptor on/off remoto		Conector bifásico	
Conmutador de transferencia automático		Filax	
<b>NORMATIVAS</b>			
Seguridad		EN 60335-1	
Emisiones / Normativas		EN55014-1 / EN 55014-2/ EN 61000-6-2 / EN 61000-6-3	
1) Cables de batería de 1,5 metros (12/180 con encendedor de cigarrillos) 2) Protección a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demastado alta 3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 4) La frecuencia puede ajustarse por medio del conmutador DIP (solo en modelos 750VA) d) Tensión de la batería demastado baja e) Temperatura demastado alta			



**V. Diseño de maqueta de energía renovable no convencional para centro ERNC.  
Sistema Fotovoltaico OFF GRID.**



**VI. Vista frontal del diseño de maqueta de energía renovable no convencional.**





## ANEXO B

# “COTIZACIÓN DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES”

- Perfil ángulo de acero cotizado en Sodimac: <http://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/161101/40-x-40-x-3-mm-x-6-mt-Perfil-Angulo-Doblado?color=&passedNavAction=push>

The screenshot shows the Sodimac website interface. At the top, there is a navigation bar with the Sodimac logo, search bar, and links for 'Oportunidades CMR', 'Catálogos', and 'Mis Listas'. Below this is a secondary navigation bar with categories like 'Muebles y Decohogar', 'Aire libre', 'Baños y Cocina', 'Electrohogar', 'Pisos y Terminaciones', 'Ferretería', 'Construcción', and 'Ver todos'. A promotional banner reads '+Imperdibles para tu semana' with various product icons. The main content area displays the product 'VH 40 x 40 x 3 mm x 6 mt Perfil Ángulo Doblado' with a price of '\$6.162 TIRA' and a note 'Acumula: 41 CMR Puntos'. There is also a star rating section and social media sharing options.

- Plancha de Oregon cotizado en Sodimac: <http://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/1500074/18mm-x1.020x2.40-Panel-Oregon-?color=&passedNavAction=push>

The screenshot shows the Sodimac website interface for the product 'SM 18mm x1.020x2.40 Panel Oregon'. The layout is similar to the previous screenshot, with the Sodimac logo and navigation bars at the top. The main content area displays the product name, a price of '\$36.490 C/U', and a note 'Acumula: 243 CMR Puntos'. It also includes a star rating section and social media sharing options.

- Ruedas giratorias cotizadas en Sodimac: <http://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/74557X/Rueda-giratoria-3%22-base-con-freno?color=&passedNavAction>

The screenshot shows the Sodimac website interface. At the top, there is a navigation bar with the Sodimac logo, a search bar, and links for 'Oportunidades CMR', 'Catálogos', and 'Mis Listas'. Below this is a secondary navigation bar with categories like 'Muebles y Decohogar', 'Aire libre', 'Baños y Cocina', 'Electrohogar', 'Pisos y Terminaciones', 'Ferretería', 'Construcción', and 'Ver todos'. A promotional banner reads '+Imperdibles para tu semana' with various product icons. The main product section features a large image of a silver metal swivel castor wheel with a black rubber tire and a brake mechanism. To the right of the image, the product title is 'Sofbal Rueda giratoria 3" base con freno' with SKU: 74557-X. Below the title, there is a star rating system and a prompt to 'Sea el primero en escribir una reseña'. The price is listed as '\$7.190 C/U' and it notes 'Acumula: 47 CMR Puntos'. Social sharing buttons for Facebook, WhatsApp, and Print are visible.

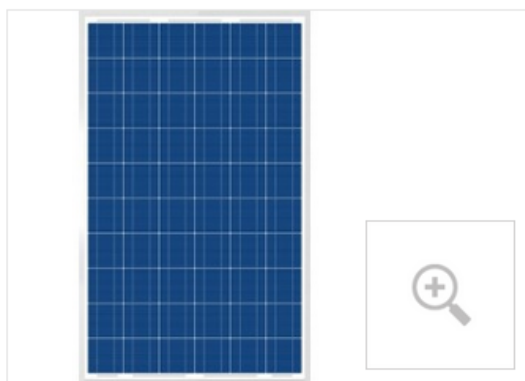
- Inversor:  
[http://www.erncchile.cl/productos?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=253&category\\_id=61](http://www.erncchile.cl/productos?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=253&category_id=61)

The screenshot shows the ERNC Chile website. At the top, there is a navigation bar with the ERNC Chile logo (a colorful circular arrow) and the text 'ERNC CHILE'. To the right, there is contact information: 'Atencion 24/7' with a phone icon, and phone numbers '8-7372531 | 02-25813732 | 23017330'. Below the logo, there are navigation links: 'Inicio', 'Quienes Somos', 'Productos', 'Ingeniería y Proyectos', and 'Contacto'. The main product section features a small image of a blue rectangular inverter. To the right of the image, the product title is 'INVERSOR PHOENIX 12/180 SCHUKO OUTLET' in green text. Below the title, the price is listed as 'Precio: \$79.662'.

- Panel fotovoltaico : [www.teslaenergy.cl](http://www.teslaenergy.cl)



FOTOVOLTAICO 100 W VICTRON ENERGY. POLICRISTALINO



Share on Facebook    Enviar a un amigo

Imprimir

### PANEL FOTOVOLTAICO 100 W VICTRON ENERGY. POLICRISTALINO

Módulo fotovoltaico 100 W VICTRON ENERGY, siguiendo con la línea de calidad, comienza la gama alta de potencia en instalaciones de 12 V, en este módulo encontramos una gran calidad. La potencia que nos suministra es indicada para cualquier suministro en instalaciones a 12 V que demanden mayor consumos.

Módulo SPP011001210

\$118.000

- Batería:

[http://www.erncchile.cl/productos?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=406&category\\_id=31](http://www.erncchile.cl/productos?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=406&category_id=31)

Atencion 24/7 8-7372531 | 02-25813732 | 23017330

Inicio    Quienes Somos    Productos    Ingeniería y Proyectos    Contacto

**65AH 12V UCG65-12**  
Precio: \$95.697

- Regulador de carga: [http://www.esol.cl/detalle\\_productos.php?id=1224&cat=858](http://www.esol.cl/detalle_productos.php?id=1224&cat=858)

Regulador de Carga

◀ Volver

## Regulador de Carga Victron Blue Solar 12/24V-10 A



### Características

Código: VBS.10A

Stock: 34 Unidades

Especificaciones Técnicas :

Controlador PWM (modulación por ancho de pulsos) de bajo coste.

Sensor de temperatura interno.

Carga de las baterías de tres etapas (inicial, absorción y flotación).

Protegido contra sobrecorriente.

Protegido contra cortocircuitos.

Protegido contra la conexión inversa de los paneles solares y/o de la batería.

Desconexión de la salida de carga por baja tensión.

Pantalla remota opcional (sólo para modelos de 20A).

**\$26,000**

# ANEXO C

**LEY NÚM. 20.571**

REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES

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

Proyecto de ley:

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

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

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

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

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

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

Un reglamento determinará los requisitos que deberán cumplirse para conectar el medio de generación a las redes de distribución e inyectar los excedentes de energía a éstas. Asimismo, el reglamento contemplará las medidas que deberán adoptarse para los efectos de proteger la seguridad de las

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

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

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

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

Las inyecciones de energía valorizadas conforme al inciso precedente deberán ser descontadas de la facturación



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

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

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

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

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

Con dicho fin, anualmente, y cada vez que sea solicitado, la respectiva concesionaria de servicio público de distribución remitirá al cliente un certificado que dé cuenta de las inyecciones realizadas por el cliente a través de medios de

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**LEY 20.257**

Proyecto de ley:

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

1) Intercálase en el inciso primero del artículo 79°, entre las expresiones "generación" y "conectados", las siguientes oraciones: "renovable no convencionales y de las instalaciones de cogeneración eficiente, definidos en las letras aa) y ac) del artículo 225° de esta ley, que se encuentren", y sustitúyense las oraciones "cuya fuente sea no convencional, tales como geotérmica, eólica, solar, biomasa, mareomotriz, pequeñas centrales hidroeléctricas, cogeneración y otras similares determinadas fundadamente por la Comisión,", por la expresión "y".

2) Agrégase, a continuación del artículo 150°, el siguiente artículo 150° bis:

"Artículo 150° bis.- Cada empresa eléctrica que efectúe retiros de energía desde los sistemas eléctricos con capacidad instalada superior a 200 megawatts para comercializarla con distribuidoras o con clientes finales, estén o no sujetos a regulación de precios, deberá acreditar ante la Dirección de Peajes del CDEC respectivo, que una cantidad de energía equivalente al 10% de sus retiros en cada año calendario haya sido inyectada a cualquiera de dichos sistemas, por medios de generación renovables no convencionales, propios o contratados.

La empresa eléctrica podrá también acreditar el cumplimiento de la obligación señalada en el inciso primero, mediante inyecciones de energía renovable no convencional realizadas a los sistemas eléctricos durante el año calendario inmediatamente anterior, en la medida que dichas inyecciones no hayan sido acreditadas para el cumplimiento de la obligación que correspondió a ese año.

Cualquier empresa eléctrica que exceda el porcentaje señalado en el inciso primero de inyecciones de energía renovable no convencional dentro del año en que se debe cumplir la obligación, con energía propia o contratada y aunque no hubiese efectuado retiros, podrá convenir el traspaso de sus excedentes a otra empresa eléctrica, los que podrán realizarse incluso entre

empresas de diferentes sistemas eléctricos. Una copia autorizada del respectivo convenio deberá entregarse a la Dirección de Peajes del CDEC respectivo para que se imputen tales excedentes en la acreditación que corresponda.

La empresa eléctrica que no acredite el cumplimiento de la obligación a que se refiere este artículo al 1 de marzo siguiente al año calendario correspondiente, deberá pagar un cargo, cuyo monto será de 0,4 UTM por cada megawatt/hora de déficit respecto de su obligación. Si dentro de los tres años siguientes incurriese nuevamente en incumplimiento de su obligación, el cargo será de 0,6 UTM por cada megawatt/hora de déficit.

Sin perjuicio de lo anterior, cualquier empresa eléctrica deficitaria podrá, con un límite de 50%, postergar hasta en un año la acreditación de la obligación que le corresponda al término de un año calendario, siempre que lo haya comunicado a la Superintendencia antes del 1 de marzo siguiente al año calendario referido.

Las Direcciones de Peajes de los CDEC de los sistemas eléctricos mayores a 200 megawatts deberán coordinarse y llevar un registro público único de las obligaciones, inyecciones y trasposos de energía renovable no convencional de cada empresa eléctrica, así como de toda la información necesaria que permita acreditar el cumplimiento de las obligaciones y la aplicación de las disposiciones contenidas en este artículo.

Los cargos señalados en el inciso cuarto se destinarán a los clientes finales y a los clientes de las distribuidoras cuyos suministros hubieren cumplido la obligación prevista en el inciso primero de este artículo.

Las sumas de dinero que se recauden por estos cargos, se distribuirán a prorrata de la energía consumida por los clientes indicados en el inciso anterior durante el año calendario en que se incumplió la obligación del inciso primero.

La Dirección de Peajes del CDEC respectivo calculará y dispondrá tanto el pago de los cargos que cada empresa deberá abonar para que se destinen a los clientes aludidos en base a los montos recaudados de las empresas que no hubiesen cumplido la obligación, así como las transferencias de dinero a que haya lugar entre ellas. La Superintendencia deberá requerir a la Dirección de Peajes y a las empresas concernidas la información necesaria para fiscalizar el cumplimiento de las obligaciones que se les impone en este inciso.

Toda controversia que surja en la aplicación del inciso anterior con la Dirección de Peajes del CDEC respectivo promovida

por las empresas eléctricas sujetas a la obligación prevista en el inciso primero o por las distribuidoras y clientes finales, será dictaminada por el panel de expertos, organismo que deberá optar por uno de los valores propuestos por quien promueve la discrepancia o por la referida Dirección, entendiéndose que ésta se formaliza en las presentaciones que deberán realizar al panel, en sobre cerrado, dentro de los quince días siguientes al cálculo efectuado por la Dirección de Peajes. Para expedir el dictamen respectivo, el aludido Panel deberá ceñirse al procedimiento aplicable a las discrepancias previstas en el número 11 del artículo 208°.

Sólo para los efectos de la acreditación de la obligación señalada en el inciso primero, se reconocerán también las inyecciones provenientes de centrales hidroeléctricas cuya potencia máxima sea igual o inferior a 40.000 kilowatts, las que se corregirán por un factor proporcional igual a uno menos el cociente entre el exceso sobre 20.000 kilowatts de la potencia máxima de la central y 20.000 kilowatts, lo que se expresa en la siguiente fórmula:

$$FP = 1 - ((PM - 20.000 \text{ kw}) / 20.000 \text{ kw})$$

Donde FP es el factor proporcional antes señalado y PM es la potencia máxima de la central hidroeléctrica respectiva, expresada en kilowatts."

3) Suprímese el inciso quinto del artículo 157°.

4) Agréganse, en el artículo 225°, a continuación de la letra z), las siguientes letras aa), ab) y ac):

"aa) Medios de generación renovables no convencionales: los que presentan cualquiera de las siguientes características:

1) Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de la biomasa, correspondiente a la obtenida de materia orgánica y biodegradable, la que puede ser usada directamente como combustible o convertida en otros biocombustibles líquidos, sólidos o gaseosos. Se entenderá incluida la fracción biodegradable de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios.

2) Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía hidráulica y cuya potencia máxima sea inferior a 20.000 kilowatts.

3) Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía geotérmica, entendiéndose por tal la que se obtiene del calor natural del interior de la tierra.

4) Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía

solar, obtenida de la radiación solar.

5) Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía eólica, correspondiente a la energía cinética del viento.

6) Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de los mares, correspondiente a toda forma de energía mecánica producida por el movimiento de las mareas, de las olas y de las corrientes, así como la obtenida del gradiente térmico de los mares.

7) Otros medios de generación determinados fundadamente por la Comisión, que utilicen energías renovables para la generación de electricidad, contribuyan a diversificar las fuentes de abastecimiento de energía en los sistemas eléctricos y causen un bajo impacto ambiental, conforme a los procedimientos que establezca el reglamento.

ab) Energía renovable no convencional: aquella energía eléctrica generada por medios de generación renovables no convencionales.

ac) Instalación de cogeneración eficiente: instalación en la que se genera energía eléctrica y calor en un solo proceso de elevado rendimiento energético cuya potencia máxima suministrada al sistema sea inferior a 20.000 kilowatts y que cumpla los requisitos establecidos en el reglamento."

#### DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Artículo 1º transitorio.- La obligación contemplada en el artículo 150º bis que esta ley incorpora a la Ley General de Servicios Eléctricos, regirá a contar del 1 de enero del año 2010, y se aplicará a todos los retiros de energía para comercializarla con distribuidoras o con clientes finales cuyos contratos se suscriban a partir del 31 de agosto de 2007, sean contratos nuevos, renovaciones, extensiones u otras convenciones de similar naturaleza.

El cumplimiento de la obligación referida deberá efectuarse con medios de generación renovables no convencionales o con los señalados en el inciso final del artículo 150º bis que introduce esta ley, propios o contratados, que se hayan interconectado a los sistemas eléctricos con posterioridad al 1 de enero de 2007.

También se podrá cumplir la obligación referida con

medios de generación renovables no convencionales, que encontrándose interconectados a los sistemas eléctricos con anterioridad a la fecha señalada en el inciso precedente, amplíen su capacidad instalada de generación con posterioridad a dicha fecha y conserven su condición de medio de generación renovable no convencional una vez ejecutada la ampliación. Para los efectos de la acreditación de la obligación señalada, las inyecciones provenientes de los medios de generación referidos en este inciso, se corregirán por un factor proporcional igual al cociente entre la potencia adicionada con posterioridad al 1 de enero del 2007 y la potencia máxima del medio de generación luego de la ampliación.

Con todo, la obligación aludida en el inciso primero será del 5% para los años 2010 a 2014, aumentándose en el 0,5% anual a partir del año 2015. Este aumento progresivo se aplicará de tal manera que los retiros afectos a la obligación al año 2015 deberán cumplir con el 5,5%, los del año 2016 con el 6% y así sucesivamente hasta alcanzar el año 2024 el 10%, para los contratos celebrados con posterioridad al 31 agosto de 2007 y con anterioridad al 1 de julio de 2013. Para los contratos firmados con posterioridad al 1 de julio de 2013, la obligación aludida será del 5% al año 2013, con incrementos del 1% a partir del año 2014 hasta llegar al 12% el año 2020, e incrementos del 1,5% a partir del año 2021 hasta llegar al 18% el año 2024, y un incremento del 2% al año 2025 para llegar al 20% el año 2025. El mecanismo de licitación será aplicable a contar del año 2015. En caso que el reglamento no se encuentre vigente para dicho período, la licitación comenzará a regir a contar del año siguiente y así sucesivamente. Para el período en que no hubiese comenzado a regir el mecanismo de licitación, la obligación será íntegramente exigible para las empresas eléctricas que efectúen retiros.

El aumento progresivo dispuesto en el inciso anterior, no será exigible respecto de los retiros de energía asociados al suministro de empresas concesionarias de servicio público de distribución eléctrica, para satisfacer consumos de clientes regulados, que hubieren iniciado el proceso de licitación que dispone el artículo 131° de la Ley General de Servicios Eléctricos, con anterioridad a la publicación de esta ley.

[Ley 20698](#)  
[Art. 2](#)  
[D.O. 22.10.2013](#)



Artículo 2° transitorio.- La Comisión Nacional de Energía, mediante resolución exenta, establecerá las disposiciones de carácter técnico que sean necesarias para la adecuada implementación de las normas que esta ley introduce a la Ley General de Servicios Eléctricos y para la aplicación de la disposición transitoria precedente.

Artículo 3° transitorio.- La obligación contemplada en el artículo 150° bis que esta ley incorpora a la Ley General de Servicios Eléctricos, regirá por 25 años a contar del 1 de enero del año 2010.

Artículo 4° transitorio.- Las empresas eléctricas deberán acreditar ante la Dirección de Peajes del CDEC respectivo que, a lo menos el cincuenta por ciento del aumento progresivo de 0,5% anual de la obligación, contemplado en el inciso cuarto del artículo primero transitorio, ha sido cumplido con inyecciones de energía de medios propios o contratados, elegidas mediante un proceso competitivo, transparente y que no implique una discriminación arbitraria."

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

Santiago, 20 de marzo de 2008.- MICHELLE BACHELET JERIA, Presidenta de la República.- Hugo Lavados Montes, Ministro de Economía, Fomento y Reconstrucción.- Marcelo Tokman Ramos, Ministro Presidente Comisión Nacional de Energía.- Santiago González Larraín, Ministro de Minería.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento.- Saluda atentamente a Ud., Jean Jacques Duhart Saurel, Subsecretario de Economía.