

UNA GUÍA  
PARA EMPRESAS  
E INDUSTRIAS

SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS  
PARA EL  
**AUTOCONSUMO**



Edición:  
**Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**  
Friedrich-Ebert-Allee 40  
53113 Bonn · Alemania  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn · Alemania

Nombre del proyecto:  
**NAMA: Energías renovables para  
Autoconsumo en Chile**  
Marchant Pereira 150  
7500654 Providencia  
Santiago · Chile  
T +56 22 30 68 600  
I www.giz.de

Responsable:  
**Rainer Schröder/ Stephan Remler**

En coordinación:  
**Ministerio de Energía de Chile**  
Alameda 1449, Pisos 13 y 14,  
Edificio Santiago Downtown II  
Santiago de Chile  
T +56 22 367 3000  
I www.energia.gob.cl

Responsable:  
**Christian Santana, Jefe División de  
Energías Renovables, Ministerio de Energía**

Título:  
**Sistemas Fotovoltaicos para el Autoconsumo:  
Una guía para empresas e industrias**

Autores:  
**Daniel Almarza, Asesor GIZ Chile  
Stephan Remler, Asesor GIZ Chile  
Marcel Silva, Jefe de Unidad Desarrollo de  
Autoconsumo, División de Energías Renovables,  
Ministerio de Energía**



#### **Aclaración**

Esta publicación ha sido preparada por encargo del proyecto "NAMA: Energías Renovables para Autoconsumo en Chile" implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania. El proyecto se financia a través de la NAMA Facility del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de Alemania y el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (DBEIS) de Gran Bretaña. Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ.

**Santiago de Chile, Octubre 2017**

# SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA EL **AUTOCONSUMO**

UNA GUÍA  
PARA EMPRESAS  
E INDUSTRIAS



<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
Consejos para invertir en sistemas fotovoltaicos	5
¿Cuánta energía genera un sistema FV?	6
¿Qué debo tener en cuenta para instalar un sistema FV?	7
¿Cuánto ahorro puedo obtener?	8
¿Cuánto cuesta un sistema FV?	9
Alternativas de financiamiento para la adquisición de sistemas fotovoltaicos	10
Marco regulatorio generación distribuida	12
Análisis de rentabilidad para sistemas FV	15
<b>PASOS PARA INSTALAR UN SISTEMA FV</b>	<b>16</b>
1. Informarse	16
2. Cotizar y seleccionar	17
3. Firmar un contrato	18
4. Diseño e instalación	19
5. Conexión a la red	20
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	<b>21</b>

## Introducción

Los sistemas fotovoltaicos (FV) son la forma más versátil, simple y confiable de implementar proyectos de autoconsumo eléctrico.

Debido a que los costos de los sistemas FV han presentado una persistente tendencia a la baja, la energía solar se ha convertido en una de las opciones más atractivas para implementar sistemas de generación distribuida.

Al instalar sistemas FV, es posible lograr disminuir la cuenta de electricidad, generar ingresos por venta de energía a la red, protegerse contra aumentos de precio y ser una empresa más sustentable.

Con una gran cantidad de productos y empresas instaladoras en el mercado, resulta importante ser un consumidor informado.

Esta guía ha sido elaborada para empresas que quieren invertir en sistemas FV, provee una introducción sobre la tecnología y orienta sobre el proceso de implementación de un sistema de tamaño comercial.

## ¿Qué es un Sistema Fotovoltaico y cómo funciona?

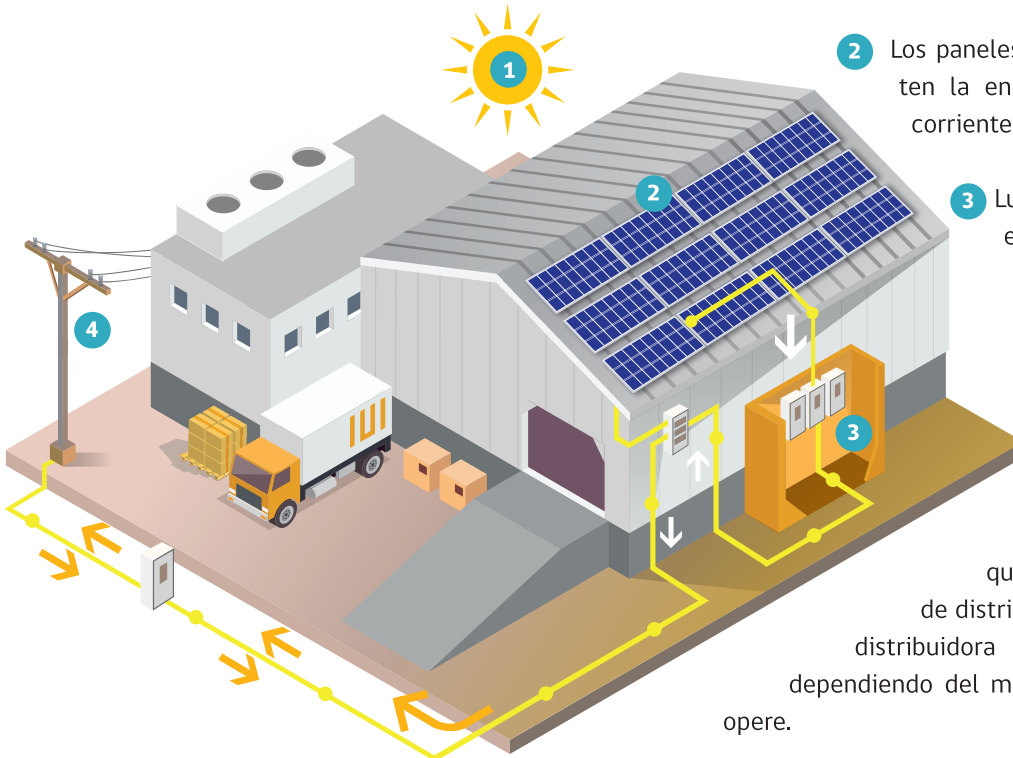
- 1 La radiación solar disponible en un lugar depende de varios factores como la hora del día, la época del año y las condiciones climáticas locales. Durante un día sin nubes, la radiación solar aumenta durante la mañana hasta llegar a su máximo entre 12 y 14 horas y disminuye nuevamente durante la tarde.



- 2 Los paneles solares fotovoltaicos convierten la energía solar en electricidad en corriente continua.

- 3 Luego un inversor transforma la electricidad, de corriente continua a corriente alterna, de modo que pueda ser utilizada en el inmueble.

- 4 Muchas veces la generación no coincide con el consumo, produciendo excedentes de electricidad que pueden ser inyectados a la red de distribución y comercializados con la distribuidora o en el mercado eléctrico, dependiendo del marco regulatorio por el cual se opere.



# Consejos para invertir en Sistemas Fotovoltaicos

## 1 ELEGIR EL SISTEMA FV APROPIADO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES

Entender la cuenta de electricidad y el perfil de consumo de la empresa ayudará a decidir, qué tamaño de sistema es más apropiado. Conocer las condiciones locales como eventuales sombras que afectarán al sistema FV y la superficie disponible para su instalación también es importante.

## 2 INVESTIGAR SOBRE LOS MODELOS DE FINANCIAMIENTO DISPONIBLES

Existen diferentes modelos de financiamiento disponibles para invertir en sistemas FV, comprar al contado, utilizar un crédito o leasing o a través de un modelo ESCO.

## 3 BUSCAR Y COTIZAR CON EMPRESAS INSTALADORAS O ESCOs

Se recomienda averiguar si la empresa instaladora tiene experiencia en instalar sistemas FVs y si cuenta con un instalador eléctrico autorizado por la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC). Cotizar con varias empresas también es indispensable para obtener el mejor precio posible.

## 4 ENCONTRAR LOS PRODUCTOS ADECUADOS

Existe una gran diversidad de productos en el mercado que varían en precio y calidad. Es importante informarse sobre tecnologías, productos y garantías para encontrar los productos más adecuados a las necesidades. Recordar utilizar solo productos autorizados.

## 5 INFORMARSE SOBRE MARCO REGULATORIO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Existen distintas formas para conectar proyectos FV a la red y cada una de ellas, otorga derechos y deberes. Es importante informarse tempranamente sobre el marco regulatorio.



## ¿Cuánta energía genera un Sistema FV?

### **1 Watt, kilowatt y megawatt:**

Watt es la **unidad de potencia** del sistema internacional de unidades, su símbolo es W. La potencia eléctrica de los aparatos eléctricos se expresa en Watts [W], si son de poca potencia, pero si son de mediana o gran potencia se expresa en kilowatts [kW] o megawatts [MW]. 1.000 Watts [W] equivale a 1 [kW] y 1.000 [kW] equivalen a un 1 [MW].

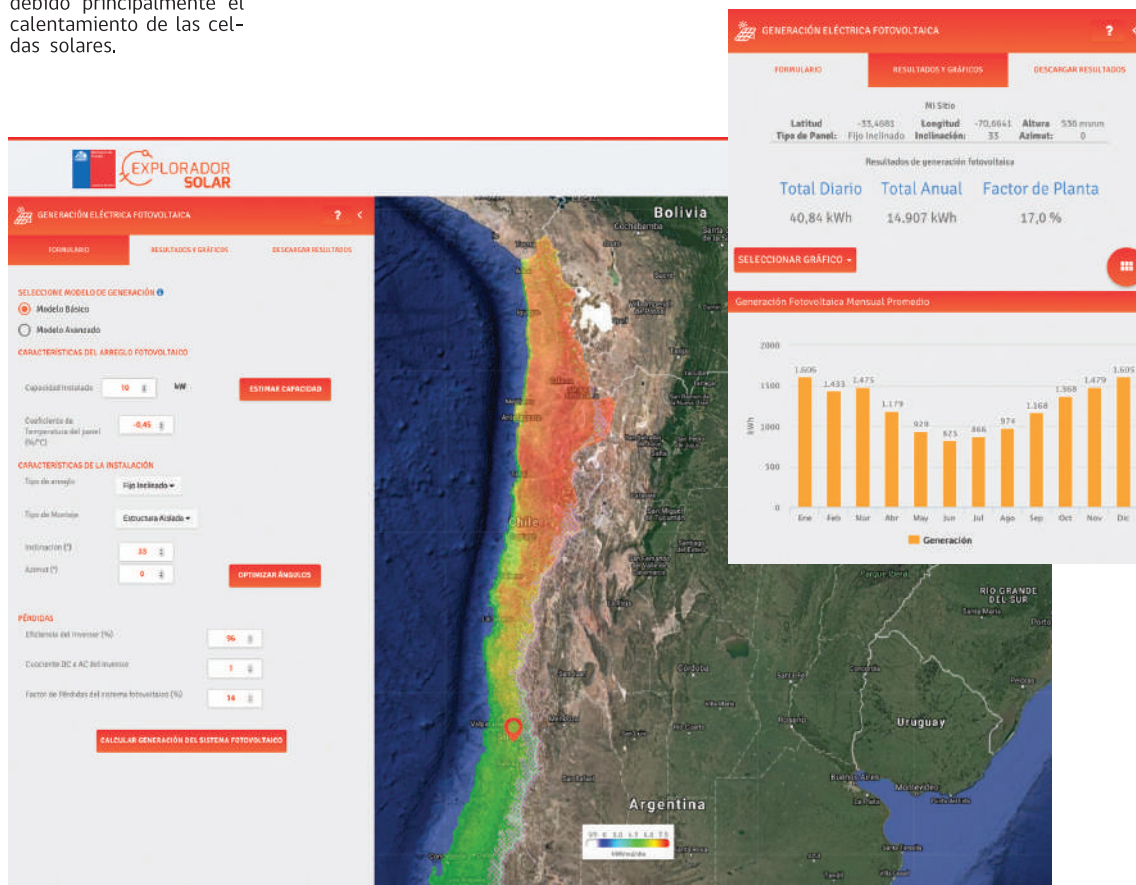
### **2 Watt peak [W<sub>p</sub>]:**

es una **medida de potencia nominal** de un panel fotovoltaico en condiciones de laboratorio o condiciones de prueba estándar (1.000 [W/m<sup>2</sup>], 25°C, etc.). Dado que las condiciones reales serán distintas a las del laboratorio, en la práctica producirá una potencia peak aproximadamente entre un 15- 20% menos, debido principalmente al calentamiento de las células solares.

La generación de energía de un sistema FV depende de su eficiencia, tamaño y ubicación. En general cada panel FV tiene una potencia<sup>1</sup> nominal entre 250 y 310 [W<sub>p</sub>]<sup>2</sup>. La cantidad de paneles que se instalen determinará el tamaño del sistema FV, los que pueden ir desde kilowatts [kW<sub>p</sub>] hasta megawatts [MW<sub>p</sub>].

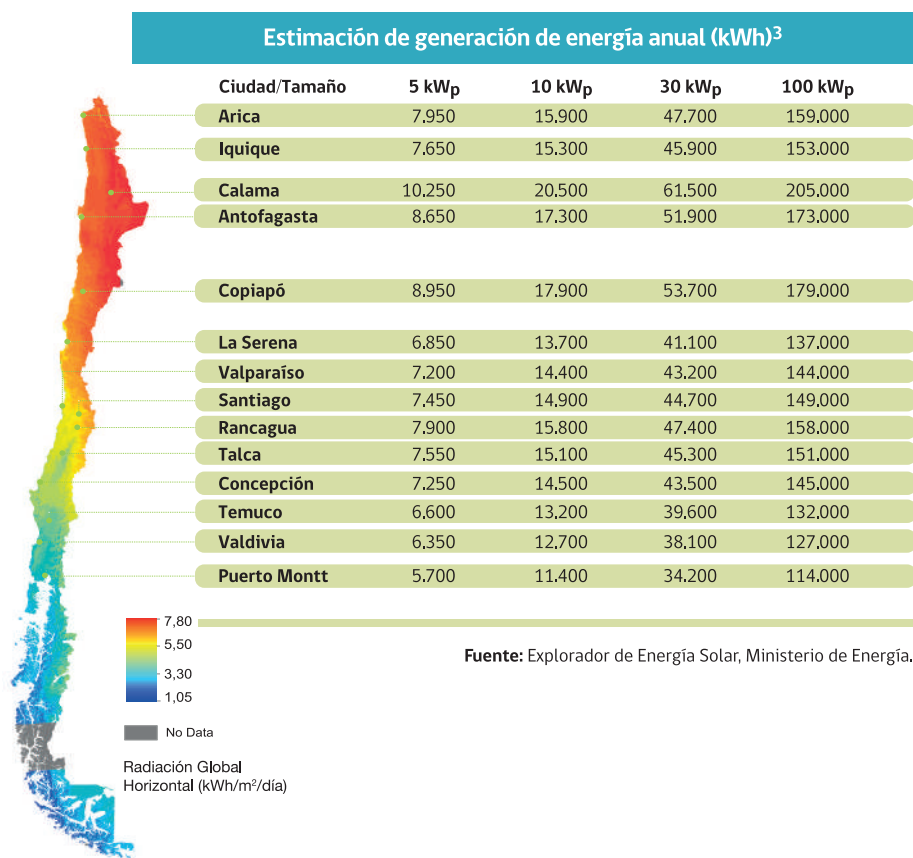
La principal herramienta pública para la estimación de la energía fotovoltaica es el “**Explorador Solar**” (<http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>). Este “Explorador” presenta la información pública más detallada que existe actualmente sobre el recurso solar en Chile, el cual fue elaborado mediante un trabajo colaborativo entre el Ministerio de Energía y el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. Las estimaciones entregadas por el Explorador Solar han mostrado ser más precisas que otras alternativas disponibles hoy para el caso de Chile.

El Explorador Solar permite obtener de manera rápida información aproximada y resumida de la radiación solar del lugar y simular la producción de electricidad de un sistema fotovoltaico, en cualquier lugar del país. La siguiente figura muestra el resultado para un sistema FV de 10 kW<sub>p</sub> en Santiago.





La siguiente tabla entrega una estimación de la generación de energía anual de un sistema FV para diferentes tamaños y ciudades.



Esta tabla se ha construido en base a los resultados entregados por el Explorador Solar, utilizando los parámetros que están predeterminados. Para obtener un resultado con más exactitud se debe utilizar los parámetros específicos del proyecto y lugar de emplazamiento.

<sup>3</sup> Kilowatt hora [kWh]: es una unidad de energía expresada de forma de unidad de potencia x tiempo.

En general la generación de energía se calcula considerando lo siguiente:

- La radiación solar potencial
- La orientación e inclinación del sistema FV
- La eficiencia de los componentes principales (paneles, inversor(es), cableado)
- La sombra que pueda recibir el sistema: topográfica o directa
- Otras pérdidas debido a acumulación de suciedad (polvo) sobre el panel y tiempo apagado por mantenencias

## ¿Qué debo tener en cuenta para instalar un Sistema FV?

El principal requisito para instalar un sistema FV es disponer de un área idealmente libre de sombras, la cual comúnmente puede ser un techo, estacionamiento o algún terreno sin uso.

El área y la distribución de los paneles fotovoltaicos determinarán el tamaño del sistema. Como primera aproximación se puede decir que se necesitan entre 10 y 15 m<sup>2</sup> por cada kW<sub>p</sub> que se quiera instalar. A continuación se presentan diferentes ejemplos de sistemas fotovoltaicos instalados en diversos espacios, que de acuerdo a sus características (techos planos, techos inclinados y otros) determinan el ordenamiento de estos.

#### SISTEMA FV SOBRE TECHO INCLINADO



Fuente: Agrícola Nueces del Choapa.

#### SISTEMA FV INCLINADO SOBRE TECHO PLANO



Fuente: Neumatrix Arica.

#### SISTEMA FV EN ESTACIONAMIENTO



Fuente: Zofri S.A.

#### SISTEMA FV SOBRE SUELO



Fuente: Viña Balduzzi.

## ¿Cuánto ahorro puedo obtener?

El ahorro de electricidad dependerá de la relación entre el consumo de electricidad y la electricidad generada por el sistema FV, la cual depende a su vez del tamaño y ubicación. A modo de ejemplo, un negocio instalado en la comuna de Santiago, que consume 50.000 kWh al año, e instala un sistema FV de 15 kW<sub>p</sub> que produce 22.350 kWh, disminuirá el consumo de energía desde la red de distribución en aproximadamente un 45%.

## ¿Cuánto cuesta un Sistema FV?

Los sistemas FV pueden variar en precio y se recomienda informarse sobre la tecnología, la empresa instaladora, la garantía y el marco regulatorio, para conseguir lo más apropiado basado en las necesidades. Es indispensable cotizar con diferentes empresas instaladoras para obtener el mejor precio posible.

El precio de un sistema FV puede verse afectado principalmente por los siguientes factores:

- Características técnicas y garantía de los componentes (paneles, inversores, etc).
- Ubicación y acceso, por eventuales costos de logística.
- Eventuales mejoras a la infraestructura actual, por ejemplo, cambio de tableros eléctricos, mejoras al techo u otros.
- Costos de conexión, asociados al marco regulatorio seleccionado.
- Margen de comercialización.

La tabla a continuación provee una aproximación a los rangos de precios para sistemas FV conectados a la red en Chile (llave en mano). Estos valores fueron extraídos de una encuesta realizada a proveedores fotovoltaicos que cuentan con experiencia en la conexión de plantas FV bajo la ley del Net Billing. Hay que considerar que los distintos factores, como los mencionados anteriormente, pueden sumar costos adicionales.

PRECIO NETO ESTIMADO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED			
Tamaño del sistema	Rango de precios [Min-Max]	Precio promedio	Precio Mínimo por cada kW <sub>p</sub>
5 kW <sub>p</sub>	\$5.000.000 - \$12.890.000	\$7.480.000	\$1.000.000
10 kW <sub>p</sub>	\$7.920.000 - \$23.040.000	\$12.920.000	\$792.000
30 kW <sub>p</sub>	\$20.900.000 - \$68.400.000	\$34.630.000	\$696.000
100 kW <sub>p</sub>	\$ 66.370.000 - \$208.300.000	\$97.140.000	\$663.000
500 kW <sub>p</sub>	\$ 303.800.000 - \$487.500.000	\$390.200.000	\$607.000
1.500 kW <sub>p</sub>	\$825.000.000 - \$1.275.000.000	\$1.082.000.000	\$550.000

**Nota:** La información es a noviembre del 2017, debido a lo dinámico que ha mostrado ser el mercado. Se recomienda cotizar ya que pueden existir precios menores.  
**Fuente:** Índice de precios de sistemas FV conectados a la red en Chile, GIZ, Ministerio de Energía, noviembre 2017.

### Economías de escala en sistemas fotovoltaicos

De la tabla anterior se hace notar que a medida que el proyecto es de mayor tamaño, más económico es cada kW<sub>p</sub>. Esto refleja las economías de escala de estos proyectos. Por otra parte, el Programa Techos Solares Públicos del Ministerio de Energía ha licitado proyectos mayores a 100 kW<sub>p</sub> obteniendo precios muy competitivos, e incluso menores a los del índice de precio. Esto refleja, que bajo un esquema de competencia (licitando o cotizando), se pueden obtener precios menores.

Proyectos licitados	Fecha de adjudicación	kW <sub>p</sub>	Precio neto	Precio por cada kW <sub>p</sub>
Hospital Regional de Iquique	Julio 2017	200	\$163.707.546	\$ 818.537
Hospital Clínico San Borja	Abril 2017	200	\$127.000.000	\$ 635.000
Nuevo Hospital Regional Rancagua	Junio 2017	280	\$ 179.574.169	\$ 641.336

**Fuente:** Programa Techos Solares Públicos, Ministerio de Energía.

# Alternativas de financiamiento para la adquisición de Sistemas Fotovoltaicos

Existen distintas formas de financiamiento disponibles que pueden hacer más fácil el acceso a los beneficios de la energía solar para las empresas o industrias. Es importante elegir el que más se adapte a las necesidades de cada empresa.

## Financiamiento convencional

### Con inversión inicial

Consiste en comprar el sistema FV, ya sea con un financiamiento propio o crédito (o leasing) de alguna entidad financiera. La principal desventaja de este modelo de financiamiento es que requiere de capital para el pago total de la inversión o un pie para suplementar el préstamo.

Actualmente los créditos (o leasing) dispuestos por el mercado son créditos comerciales, para la adquisición de insumos, maquinarias o capital de trabajo. Sin embargo, a partir del 2017, Banco Estado puso a disposición del mercado un crédito especializado para proyectos de autoconsumo de Energías Renovables y Eficiencia Energética para micro y pequeñas empresas. Así mismo, es importante considerar que existen garantías de CORFO que pueden ayudar a conseguir financiamiento si no se cuentan con las garantías suficientes.

En el modelo de financiamiento convencional, el dueño de la instalación es responsable del mantenimiento. Sin embargo, algunas empresas instaladoras pueden también ofrecer contratos de mantenimiento para asegurar que el sistema FV funcione de manera eficiente y confiable.

## Modelo ESCO

### Sin inversión inicial

Mediante este modelo, una empresa (ESCO<sup>4</sup>) diseña, financia, instala, opera y mantiene el sistema FV sin costo de inversión inicial para el cliente. Este modelo puede operar con una cuota fija (tipo leasing) o mediante un contrato de suministro de energía. En el caso de que el cliente opte por cancelar una cuota fija, mensual o anual, la ESCO debe asegurar un adecuado rendimiento del sistema, es decir, que el sistema producirá un cierto valor mínimo de electricidad. En este escenario se toman en cuenta las variaciones del clima, el rendimiento de los paneles solares en el tiempo, y si la generación solar no alcanza el mínimo establecido indicado en el contrato, la empresa instaladora puede obligarse a compensar al cliente.

En el caso de un contrato de suministro de energía solar (PPA solar) el cliente paga por unidad de energía generada por el sistema [\$/kWh], es decir se compromete a comprar toda la energía generada por el sistema FV a un precio acordado, el cual es usualmente menor que el precio de la energía de la distribuidora.

En el modelo ESCO los contratos pueden tener una duración de entre 15 y 20 años, plazo tras el cual el sistema FV pasa a propiedad del cliente. El plazo generalmente, tiene relación con la rebaja en el precio de la energía suministrada.

<sup>4</sup> Por sus siglas en inglés (Energy Service Company)

## COMPARACIÓN DE MODELOS DE FINANCIAMIENTO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

	Financiamiento convencional	Modelo ESCO
Forma de pago	\$ al contado (capital propio o préstamo de un banco)	\$ por unidad de energía generada [\$/kWh] o pagos periódicos fijos
Beneficios	No hay obligaciones contractuales con la empresa instaladora continuas en el tiempo, y puede permitir reducción de impuestos vía depreciación de los equipos o intereses	No hay costos al contado (o son mínimos), la empresa instaladora es responsable del mantenimiento y del desempeño de la planta
Desventajas	El dueño es usualmente responsable del mantenimiento	Requiere compromisos de largo plazo

### EJEMPLO

### AGRICOLA NUECES DEL CHOAPA, COQUIMBO



#### Un sistema FV para el autoconsumo con inyección de excedentes a la red

Conexión a través de Net Billing / Financiamiento a través de Modelo ESCO  
Potencia: 50 kW<sub>p</sub>

“Como exportadora de nueces buscábamos una oportunidad para diferenciarnos que nos diera una ventaja en el mercado europeo. Sabíamos que teníamos un potencial de energía solar en nuestra provincia, con este proyecto reemplazamos el 30% de nuestro consumo con **energía solar**, pagando por ella más barato que lo que nos cobra la distribuidora. Hoy día no solo exportamos nueces de calidad al mundo sino también la energía limpia de nuestro Valle del Choapa”

**Leonardo Pastén Silva** / Gerente General Nueces del Choapa

## Marco regulatorio generación distribuida

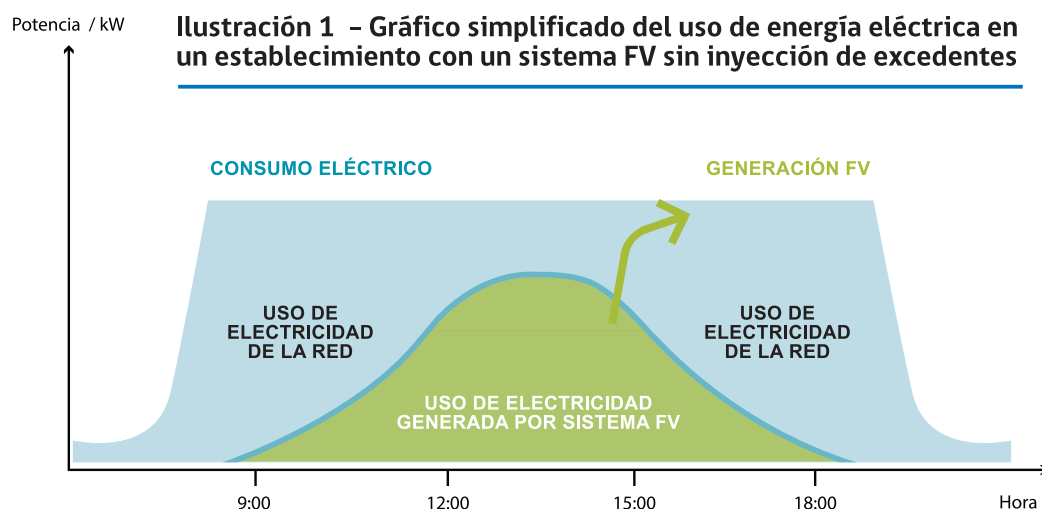
Existen tres formas distintas para conectar proyectos de energías renovables para el autoconsumo a la red, dependiendo de si el proyecto inyecta o no excedentes a la red de distribución.

### Norma eléctrica 4: Sistemas FV sin inyección de excedentes

La norma 4 regula la seguridad de todas las instalaciones de consumo de baja tensión (empresas o casas) y además, permite conectar sistemas de energías renovables para el autoconsumo sin inyección a la red.

Existen casos en que la demanda de energía de la empresa supera ampliamente la generación de energía FV proyectada en todo momento. Por ejemplo, cuando existe una demanda de energía justamente en las horas de generación (durante las horas de sol). Como puede ser el caso de centros comerciales, hospitales o industrias.

La siguiente figura representa simplificada el uso de la energía eléctrica, un día cualquiera durante al año, en un establecimiento con un sistemas FV en donde el consumo eléctrico es siempre mayor a la generación FV.

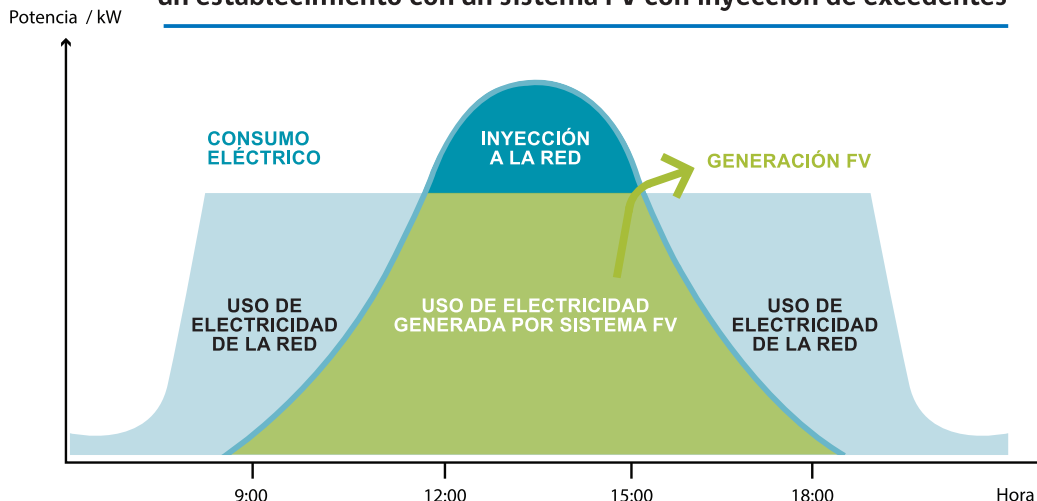


### Net Billing: sistemas FV con inyección de excedentes hasta 100 kW

La ley de Net Billing da derecho a los clientes regulados a instalar sus propios sistemas de autogeneración y vender sus excedentes de electricidad a la red de distribución a un precio regulado, siempre que éstos sean medios de generación renovables no convencionales y no superen los 100 kW de capacidad instalada.

Las empresas con sistemas FV con inyección de excedentes consumen la energía solar generada antes de obtenerla de la red. Cuando los paneles no están generando suficiente energía para abastecer la demanda, se obtiene el resto desde la red y cuando la generación FV supera a la demanda eléctrica se inyecta los excedentes a la red. Esto se puede apreciar en la siguiente figura.

**Ilustración 2 – Gráfico simplificado del uso de energía eléctrica en un establecimiento con un sistema FV con inyección de excedentes**



### PMGD: sistemas FV con inyección de excedentes hasta 9 MW

Los clientes regulados o libres pueden conectar a la red de distribución proyectos menores a 9 MW, sean convencionales o renovables, llamados Pequeños Medios de Generación Distribuidos (PMGD). La energía inyectada se vende en el mercado eléctrico. Los proyectos no mayores a 1,5 MW se tramitan mediante un procedimiento abreviado.

EJEMPLO

CINTAC MAIPÚ, Región Metropolitana



#### Un sistema FV para la industria

Conexión a través de PMGD  
Potencia: 2,77 MW<sub>p</sub> (Etapa 1)  
Financiamiento propio

"Cintac, como empresa especializada en la fabricación de productos y componentes de acero, dio su primer gran paso en el mercado de la energía fotovoltaica industrial a través de Cintac Solar, construyendo la mayor planta fotovoltaica sobre cubierta en Latinoamérica en una superficie de casi 30.000 m<sup>2</sup>. Con este hito lograremos reducir cerca de 1400 ton de CO<sub>2</sub> y dar un importante paso en sustentabilidad y compromiso con el medioambiente".

Andrés Weinreich Benard  
Manager Cintac Solar

### El primer sistema FV para el autoconsumo con inyección de excedentes a la red

Conexión a través de Net Billing  
Potencia: 15 kW<sub>p</sub>  
Financiamiento propio

"Este es un proyecto que siempre quisimos para nuestra empresa y estamos orgullosos de ser los primeros en Chile en conectarnos e inyectar energía a través de Net Billing. Nuestra región es rica en este recurso energético y lo hemos desperdiciado durante mucho tiempo. Además de lograr una baja muy considerable en el costo de la energía para el funcionamiento de nuestra empresa, estamos seguros que es la dirección correcta en la debemos ir todos".

**Enrique Dvorquez**  
Socio Fundador Neumatrix Arica



A continuación se presenta un resumen comparando las principales diferencias de los marcos regulatorios disponibles para energías renovables para el autoconsumo.

COMPARACIÓN DEL MARCO REGULATORIO DISPONIBLE			
	Norma 4	Net Billing	PMGD
<b>Capacidad permitida</b>	No definido, pero técnicamente es posible instalar la misma capacidad que la potencia contratada del inmueble	Hasta 100 kW <sup>5</sup>	Hasta 9 MW
<b>Tamaño de sistema apropiado</b>	Usualmente mayores a 100 kW, sin inyección a la red. Aunque cualquier rango de tamaño es posible	Hasta 100 kW, con inyección a la red	Usualmente mayores a 100 kW, con inyección a la red
<b>Requerimientos de conexión</b>	Se debe instalar un sistema que asegure no se producirán inyecciones	Se debe seguir los procedimientos establecidos	Es necesario realizar estudios de conexión dependiendo del tamaño del sistema y de la red de distribución
<b>Valorización de la energía inyectada</b>	No se puede realizar inyecciones	Igual al cargo por energía (excluyendo tarifa BT1)	Costo Marginal (horario) o a precio estabilizado
<b>Ventajas</b>	No se debe tramitar la conexión con la distribuidora	Se pueden vender excedentes de generación. Bajos costos de conexión	Permite conectar proyectos de gran tamaño y vender excedentes de generación. Hasta 1,5 MW existe un procedimiento abreviado
<b>Desafíos o limitaciones</b>	No se pueden realizar inyecciones	Hasta 100 kW	Se debe participar como generador en el mercado eléctrico, cumpliendo requerimientos más exigentes que los establecidos en las otras posibilidades
<b>Clientes apropiados</b>	Usualmente empresas medianas y grandes que tenga siempre demanda durante horas de generación en las distintas estaciones del año	Clientes regulados, residenciales y empresas con cualquier tipo de demanda. Aunque las demandas estacionales son las que más beneficios sacan de este modelo	Usualmente empresas medianas y grandes que estén conectados en media tensión

<sup>5</sup> Potencia nominal del inversor.



# Análisis de rentabilidad para Sistemas FV

## Horizonte de evaluación y vida útil

Los sistemas FV tiene una larga vida útil, aproximadamente 25 años. Se puede hacer una estimación más precisa de la vida útil de un sistema FV, a partir de la información proporcionada por los fabricantes de los componentes (por ejemplo, paneles, inversor y estructura). Los fabricantes normalmente pueden declarar un periodo de garantía y de vida útil de sus componentes. Se recomienda revisar dicha información para estimar la vida útil de la planta.

## Retorno sobre la inversión

Los sistemas FV son cada vez más asequibles y en muchos casos pueden ofrecer tasas internas de retorno (TIR) atractivas. Comparar esta TIR con otras potenciales inversiones (por ejemplo, dejar el dinero en el banco o invertir en otro lugar) ayudará a comparar la inversión en energía solar frente a otras inversiones y realizar una decisión de negocios informada.

Para calcular adecuadamente el retorno de un sistema FV, se deberá determinar el costo total durante toda la vida útil del sistema y la energía total generada y, luego, compararlo con lo que se gastaría en electricidad en ese mismo periodo. Adicionalmente, al invertir en energía solar se debe considerar las rebajas de impuestos que estén disponibles para calcular el retorno financiero.

Una empresa instaladora con experiencia podrá analizar la tarifa, el consumo actual de un cliente y la generación de energía fotovoltaica, para elegir un sistema óptimo para las necesidades.

## Degradación anual e ingresos

Todos los paneles FV sufren una pequeña degradación anual que afecta la generación de energía (alrededor del 0,6% anual), y por tanto debe ser considerado al momento de estimar los ingresos.

El fabricante del panel FV además de declarar el periodo de garantía, también puede declarar y garantizar el efecto de degradación que pueden tener los paneles en el tiempo. Se recomienda revisar la información específica del producto.

## Tratamiento de los impuestos

Es importante considerar el tratamiento de los impuestos en la inversión de un sistema FV. Estos variarán dependiendo si se compra el sistema al contado, se realiza un leasing o un contrato de compra de energía. También dependerán del marco regulatorio escogido para conectar el proyecto.

Si se elige ser dueño de la planta, esta puede ser tratada como una inversión y podría ser depreciada. Si la elección es un leasing, el arriendo del sistema FV podría ser tratado como gasto.

## Costos de operación y mantenimiento

Aunque los sistemas FV tienen necesidades menores de mantención, es importante considerar sus costos en la evaluación económica.

Hasta el momento no existen referencias nacionales sobre los costos que puede tener la mantención de un sistema FV en Chile. A nivel internacional se estiman los costos en un rango de entre un 0,5-2% de la inversión. Por lo general, la mayoría de las empresas especialistas puede cotizar este servicio. También se puede evaluar realizar las mantenciones con personal capacitado propio.

## Pasos para instalar un Sistema FV

1. Informarse
2. Cotizar y seleccionar
3. Firmar un contrato
4. Diseño e instalación
5. Conexión a la red

# 1

### INFORMARSE

Es muy relevante estar de acuerdo antes de cotizar la instalación de un sistema FV, para saber exactamente si se está adquiriendo lo que se necesita, por cuanto se aconseja revisar los siguientes aspectos:

**Tipo de cliente:** identificar el tipo de cliente: cliente libre<sup>6</sup> o regulado<sup>7</sup>. Los clientes regulados tienen derecho al esquema de Net Billing. Si se es un cliente libre, debes confirmar con el proveedor de energía eléctrica si el contrato actual permite instalar un sistema FV, y bajo qué condiciones.

**Consumo de electricidad anual:** a partir de la factura de electricidad, se puede identificar el consumo de electricidad anual del inmueble (energía [kWh] y la potencia conectada). Esta información permitirá entender cuáles son las necesidades actuales. Si se está proyectando un sistema FV sin inyección de excedentes es importante conocer el perfil de consumo del inmueble (el consumo típico de electricidad durante el día), para asegurar que la generación del sistema FV no sobrepase el consumo.

**Área disponible y potencial FV:** identificar un área disponible libre de sombras (techo, patio, estacionamiento) para instalar un sistema FV. A partir del área disponible se puede estimar el tamaño máximo del sistema FV que se podría instalar (para un 1 kW<sub>p</sub> se necesitan entre 10 a 15 m<sup>2</sup> de superficie).

**Estimación de generación FV anual:** se puede calcular la generación de electricidad (kWh) de un sistema FV utilizando el Explorador Solar ([www.energia.gob.cl](http://www.energia.gob.cl)), compararlo con el consumo eléctrico y ajusta el tamaño de tu sistema FV de acuerdo a las necesidades. El Explorador Solar tiene un tutorial que permite entenderlo y manejarlo.

**Costos y financiamiento:** Se puede hacer una primera aproximación sobre el costo que tendría el sistema utilizando las referencias indicadas en esta guía y escoger la opción de financiamiento de acuerdo a la capacidad de inversión (capital propio, crédito comercial o leasing, ESCO).

**Marco regulatorio:** existen diferencias importantes si se realiza un sistema FV con o sin inyecciones a la red o si el proyecto es de mayor escala y se conecta como un PMGD. Aunque estos procedimientos normalmente los realiza la empresa instaladora, es importante estar informado sobre los principales requisitos, procedimientos que exigen las distintas regulaciones.

<sup>6</sup> **Clientes libres:** son clientes cuya potencia conectada es de al menos 500 kW. Los clientes libres negocian libremente los precios de electricidad con las generadoras y fijan las condiciones mediante contrato de suministro. Ejemplo: grandes industrias y gran minería.

<sup>7</sup> **Clientes regulados:** son clientes de hasta 500 kW de potencia conectada, o entre 500 kW y 5 MW que hayan optado por tarifa regulada. Por ejemplo, consumidores residenciales, pymes, comerciales o industriales pequeños.

## COTIZAR Y SELECCIONAR

Esta etapa involucra encontrar las empresas instaladoras adecuadas en donde cotizar, revisar y comparar las cotizaciones y seleccionar la mejor oferta.

### Empresas Instaladoras

Encontrar a la empresa adecuada para manejar el diseño de la instalación de un sistema FV es importante. Aunque no existe diferencia física entre instalar paneles en un lugar residencial o inmuebles comerciales, es relevante el diseño eléctrico del sistema fotovoltaico dependiendo del tamaño de este, por lo cual se sugiere asegurar que el instalador tenga experiencia relevante y demostrable.

En la página de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) ([www.sec.cl](http://www.sec.cl)) se puede encontrar información sobre empresas que han instalado sistema FV bajo la ley de Net Billing, y que han cumplido con la normativa vigente. Así también, en la página web del Programa Techos Solares Públicos del Ministerio de Energía se puede encontrar un listado de las empresas que han instalado sistemas FV para el Programa.

[www.sec.cl](http://www.sec.cl)

[www.energia.gob.cl](http://www.energia.gob.cl)

### Contenido de una cotización

Debe asegurarse que la empresa instaladora diseñe y evalúe el sistema FV basado en sus necesidades específicas, considerando desde los aspectos físicos del inmueble, cuánto se quiere invertir o financiar, hasta los ahorros que obtendrá. Las empresas instaladoras que no visiten el sitio de instalación, pueden tener dificultades para recomendar el equipo más apropiado. Un análisis en terreno exhaustivo y una entrevista con la empresa instaladora ayudará a asegurar un buen diseño e instalación.

Una cotización debería:

- Determinar el consumo actual de electricidad.
- Determinar el tamaño del sistema FV en base a las necesidades señaladas por el cliente.
- Determinar el costo total del proyecto y las opciones de financiamiento disponible.
- La experiencia con que cuenta la empresa instaladora.
- Indicar las principales especificaciones técnicas referenciales de los equipos a utilizar (paneles, inversor y estructura), sus garantías y autorizaciones de la SEC respectivas.
- Determinar la ubicación de los paneles, además de su inclinación y orientación, disponibilidad del recurso solar, sombras y temperatura.
- Proveer una estimación sobre la generación de energía eléctrica del sistema y los factores que pueden influenciarlo. Además del ahorro en el consumo de la red y los ingresos por venta de excedentes proyectados (si los hubiera), así como también una estimación de la disminución en la huella de carbono asociada.
- Evaluar qué forma de conexión es más adecuada para el proyecto. Además de indicar quien se hará cargo del proceso, trámites, costos de conexión (en caso que los hubiera) y si es necesario cambiar el medidor o reprogramarlo.
- Una estimación de los plazos de ejecución.
- Determinar qué otros análisis e inspecciones pueden ser necesarias<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> En el caso que el sistema FV se instale en un techo existente, se recomienda que un ingeniero civil evalúe la factibilidad de la instalación.

- Garantías de instalación y rendimiento.
- Las responsabilidades de cada una de las partes.
- Servicios de postventa ofrecidos, como mantenimiento o sistema de monitoreo.
- Si realizarán la obra ellos mismos o subcontratarán alguna parte.
- Las responsabilidades en caso de que sean necesarias reparaciones, la disponibilidad de la empresa para solucionar problemas, y por cuánto tiempo.
- Capacitación sobre el mantenimiento del sistema.

Se sugiere cotizar con al menos 3 empresas diferentes para realizar las comparaciones técnicas adecuadas y asegurar un buen precio.

## 3

### FIRMAR UN CONTRATO

En caso de existir un contrato, la cotización normalmente será la base de este. Una vez firmado el contrato, cualquier variación en el diseño del sistema debe ser documentada y aprobada antes de la instalación. Se recomienda asegurar que adicionalmente a un contrato estándar se incluya lo siguiente:

- Un claro detalle por ítem de los costos de los componentes, costos de conexión y medidas de seguridad, estimación de los rendimientos del sistema y los manuales de usuarios de los principales componentes y del sistema.
- Un análisis sobre el sitio elegido para la instalación del sistema FV, sobre todo si se trata de una instalación en techo, el cual debe resistir la carga del sistema a instalar.
- Las estimaciones de rendimiento de la instalación, incluyendo las pérdidas de eficiencia esperadas debido a sombras u orientación.
- La responsabilidad de cada parte por todos los aspectos del proceso, autorizaciones municipales (en caso que fuera necesario), trámites de conexión y otros trámites en general.
- Garantías, incluyendo instalación, calendario de progresos y pagos.
- Los acuerdos de servicios de post venta.
- Un acuerdo respecto al periodo de instalación.
- Las condiciones o circunstancias que pueden resultar en cobros adicionales por trabajos adicionales que no esté cubiertos en el contrato original.

## DISEÑO E INSTALACIÓN

Se recomienda que previo a la instalación del sistema FV, la empresa instaladora elabore una ingeniería de detalle o diseño del sistema cuya profundidad dependerá del tamaño, complejidad del proyecto y de los requerimientos del cliente. La ingeniería permite proyectar la instalación y anticipar posibles contratiempos en terreno.

En el caso que el proyecto se conecte en el marco de la ley de Net Billing, la empresa instaladora deberá seguir los requisitos que exige la SEC respecto al equipamiento, diseño e instalación.

Dependiendo del tamaño y complejidad del proyecto, la instalación en terreno puede demorar entre 1 y 8 semanas, la cual incluye las siguientes etapas:

- Instalación de faenas y medidas de seguridad.
- Instalación del sistema FV.
- Conexión del sistema a la red.

Posterior a la instalación del sistema fotovoltaico, la SEC puede realizar una fiscalización de la seguridad del sistema. La fiscalización puede ser realizada antes que el sistema se conecte a la red.

### Documentación:

Es importante asegurar que se recibirá toda la documentación de la planta. La documentación será esencial para hacer efectivas las garantías. Se debería recibir de parte del instalador:

- Una lista de todos los componentes recibidos.
- Las estimaciones de rendimiento del sistema FV.
- Las recomendaciones y procedimientos de mantenimiento.
- La información y declaraciones de garantía.
- La documentación del fabricante de los equipos instalados.
- El procedimiento de apagado de emergencia y de mantenimiento.
- La lista de acciones a realizar en caso de una falla a tierra.
- La ingeniería del proyecto.
- La documentación sobre el procedimiento de conexión (si lo hubiera).

El Programa Techos Solares Públicos del Ministerio de Energía, ha elaborado guías técnicas sobre el proceso de instalación que si bien están orientadas a los instaladores, puede ser de ayuda para comprender los aspectos críticos para una correcta instalación.

Si se tiene un contrato de compra de energía bajo el modelo ESCO, la empresa instaladora se hace responsable del diseño, instalación, operación, mantención y financiamiento del sistema FV. Se recomienda revisar el contrato para ver los detalles.

# 5

## CONEXIÓN A LA RED

Generalmente es la empresa instaladora quien realiza las tramitaciones correspondientes, a través del procedimiento de conexión a la red, dependiendo de la forma de conexión que se haya seleccionado: Norma 4, Net Billing o PMGD.

Se recomienda comenzar el proceso de conexión y tener las aprobaciones correspondientes antes de instalar el sistema y de efectuar la compra.

Dependiendo del tamaño del sistema y de las características de la red local, los requisitos para la conexión pueden variar. Para el caso de Net Billing y PMGD, cabe destacar que todos los costos asociados a trámites de conexión, son a cargo del cliente.

Es posible que sea necesario reprogramar o cambiar el medidor actual para que pueda medir las inyecciones antes de conectarse a la red. El cambio de medidores es efectuado por la empresa distribuidora, la que cobrará por dichos cambios. Estos cargos pueden ser cobrados a la empresa instaladora o ser pagados a través de la cuenta de electricidad. Asegúrese de tener conocimiento de estos costos y como serán cargados.

Una descripción detallada del procedimiento de conexión se puede encontrar en la página web de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

[SEC > Norma 4](#)

[SEC > Ley de Generación distribuida > PMGD](#)

### EJEMPLO

### MALL ZOFRI, IQUIQUE, Región de Tarapacá



#### Un sistema FV en estacionamiento 100% autoconsumo

Conexión a través de Norma 4 / Potencia: 242 kWp / Modelo ESCO

“Conscientes de la incidencia que tiene el consumo de energía eléctrica para los negocios, y considerando que una de las riquezas regionales es precisamente la alta radiación solar, en 2014 iniciamos la construcción de nuestra propia planta fotovoltaica. El objetivo del proyecto fue la generación de energía que pudiera ser inyectada directamente a la red interna y direccionada a los servicios comunes del Mall. Con ello, reduciríamos el consumo de electricidad, logrando un uso más sustentable de este recurso. Lo valorable es que a raíz de la incorporación de la planta, obtuvimos un 20% de ahorro anual en los gastos de energía del circuito de servicios común del centro comercial, siendo pioneros en la implementación de este tipo de soluciones”.

**Rodolfo Prat** / Gerente General Zofri S.A.

## Operación y mantenimiento



En general los sistemas FV son muy confiables y seguros, sus principales equipos normalmente ofrecen garantías extendidas y su vida útil puede llegar hasta los 25 años. Sin embargo, el sistema está expuesto a la intemperie con cambios de temperatura, lluvia, tormentas, radiación UV, entre otros, lo que hace que el mantenimiento sea necesario.

Desde el punto de vista del mantenimiento, se busca maximizar la generación de energía, evitar los costos de inactividad, disminuir las fallas, evitar fallas más costosas y aumentar la vida útil del sistema.

En general el mantenimiento de un sistema FV consiste en:

- Limpieza de paneles e inspecciones periódicas, por ejemplo, inspecciones anuales. (Mantenimiento preventivo).
- Operaciones de reparación en caso de falla (Mantenimiento correctivo).
- Monitoreo en línea para utilizar información en tiempo real para llevar a cabo medidas preventivas o correctivas (Mantenimiento predictivo). Algunos fabricante de inversores ofrecen el servicio de monitoreo de manera gratuita.

Un mantenimiento realizado por personal capacitado permitirá chequear que el sistema está funcionando de manera eficiente y segura, permitiendo maximizar los ahorros generados en la cuenta de electricidad en los años futuros.

Si se tiene un contrato de compra de energía es probable que la empresa instaladora se haga responsable del mantenimiento como parte del contrato. Se recomienda revisar el contrato para ver los detalles.

### ¿Cada cuánto se deben limpiar los paneles?

La acumulación de polvo y suciedad impiden el ingreso de la radiación solar y ocasionan una disminución de la energía eléctrica generada (que puede llegar a un 15%). La limpieza es económica y eficiente, cuando las pérdidas evitadas superan el costo de la limpieza. Por esta razón dependerá de las condiciones del emplazamiento para determinar un periodo adecuado para limpiar los paneles.



### Un sistema FV para riego en la agricultura

Conexión a través de Net Billing / Potencia: 240 kW<sub>p</sub>

“Viña Balduzzi se dedica a la producción, venta y exportación de vinos Premium. La planta FV nos permite alimentar en un 80% (periodos de máxima radiación) las bombas de riego de un viñedo de 20 ha en San Javier, pero también genera durante el año excedentes de energía que, se venden a la distribuidora local mediante el sistema Net Billing. Esta planta FV va en línea con la política de la empresa que cuenta con un Certificado de Sustentabilidad. En resumen, estamos comprometidos con la calidad, la comunidad y el medio ambiente, reduciendo con la planta FV la huella de carbono de nuestros vinos, motivo adicional para que el mercado nos prefiera”.

**Jorge Balduzzi** / Dueño Viña Balduzzi





SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS  
PARA EL  
**AUTOCONSUMO**

UNA GUÍA  
PARA EMPRESAS  
E INDUSTRIAS