

GUÍA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA EMPRESAS E INDUSTRIAS



En el marco del proyecto

NAMA CHILE
Energías Renovables
para Autoconsumo

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

**Proyecto de Apoyo a la NAMA
“Energías Renovables para Autoconsumo”**

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago · Chile
T +56 22 30 68 600

En coordinación con:

Ministerio de Energía de Chile
Av. Libertador B. O'Higgins 1449, Pisos 13 y 14,
Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 367 3000
I www.energia.gob.cl



Responsables:

David Fuchs

Director del Proyecto de Apoyo a la NAMA “Energías renovables para autoconsumo” en Chile.

Gabriel Prudencio

Jefe División de Energías Sostenibles,
Ministerio de Energía

Título:

**Guía de sistemas fotovoltaicos para
empresas e industrias**

Autores:

Daniel Almarza (GIZ)

Vicente Olavarría (GIZ)

Stephan Remler (GIZ)

Marcel Silva (Ministerio de Energía)

Segunda edición, agosto 2020.
Primera edición, agosto 2017.

Santiago de Chile, agosto 2020

**GUÍA DE
SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS
PARA EMPRESAS
E INDUSTRIAS**

INTRODUCCIÓN	4
¿Qué es un sistema fotovoltaico y cómo funciona?	4
Consejos para invertir en sistemas fotovoltaicos	5
¿Cuánta energía genera un sistema fotovoltaico?	6
¿Qué debo tener en cuenta para instalar un sistema fotovoltaico?	7
¿Cuánto ahorro de electricidad puedo obtener?	8
¿Cuánto cuesta un sistema fotovoltaico?	9
Alternativas de financiamiento para la adquisición de sistemas fotovoltaicos	10
MARCO REGULATORIO	11
Sistemas sin inyección a la red (Decreto 8/2019, pliego técnico normativo RIC N ^o 9: Sistemas de Autogeneración)	11
Sistemas con inyección a la red sin fines comerciales (Art. 149 bis y siguientes de la LGSE)	13
Sistemas con inyección a la red con fines comerciales o Pequeños Medios de Generación Distribuida (Art. 149 de la LGSE)	15
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	16
7 PASOS A CONSIDERAR ANTES DE INSTALAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	18
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	22
CHECKLIST SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	23

Introducción

Los sistemas fotovoltaicos (FV), son la forma más versátil, simple y confiable de implementar proyectos de autoconsumo eléctrico. Debido a que en los últimos años los costos de los sistemas FV han presentado una persistente tendencia a la baja, la energía solar se ha convertido en una opción atractiva para implementar sistemas de generación distribuida.

Las principales ventajas de instalar sistemas FV son disminuir el valor de la cuenta de electricidad y posicionar a la empresa usuaria como una institución sostenible.

Con una gran cantidad de productos e instaladores de sistemas FV en el mercado, resulta importante ser un consumidor informado. Esta guía está destinada a empresas que quieran invertir en estos sistemas, proveyendo una introducción sobre la tecnología e indicando el proceso de instalación para un sistema de escala comercial.

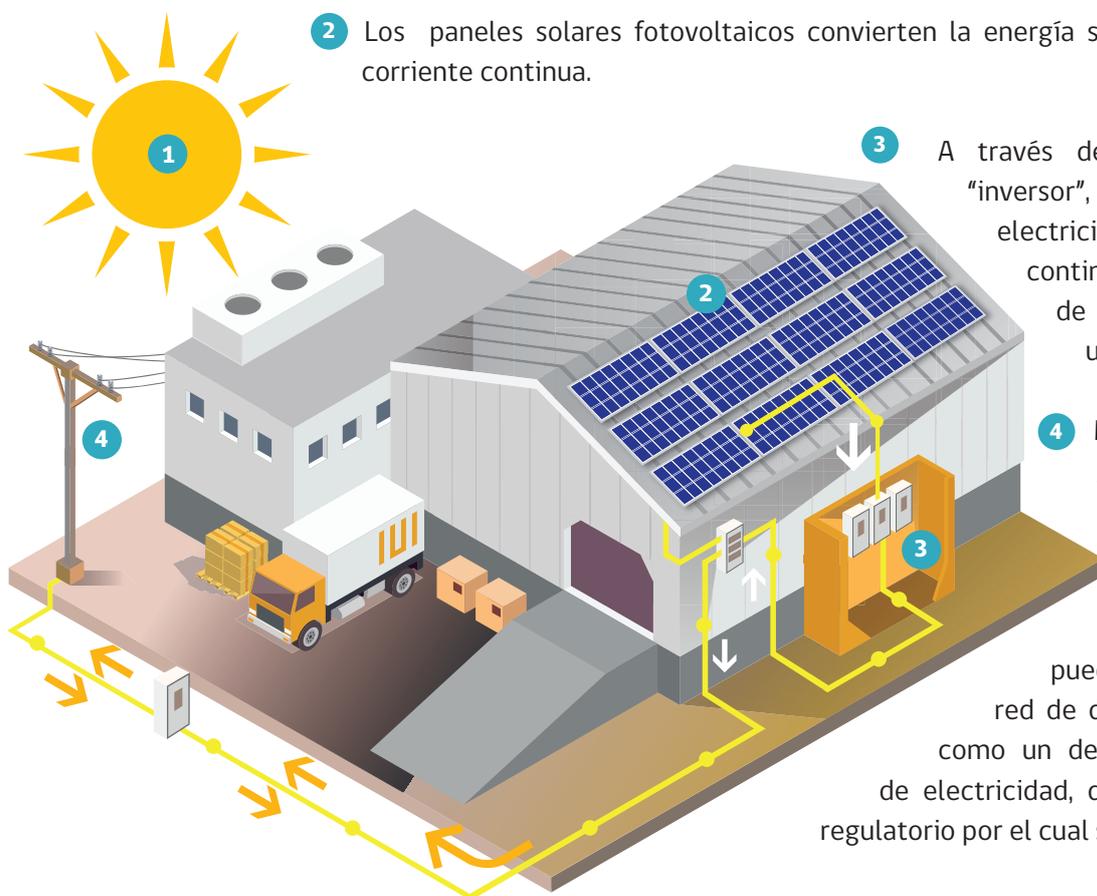
¿Qué es un Sistema Fotovoltaico y cómo funciona?

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 normal soleado, la radiación solar aumenta durante la mañana hasta llegar a su máximo en horas cercanas al mediodía y disminuye nuevamente durante la tarde.

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

3 A través de un equipo llamado "inversor", se 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 utilizados como un descuento en los gastos de electricidad, 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

Se debe comprender la cuenta de electricidad y el perfil de consumo de la empresa. Esto ayudará a decidir el tamaño de un sistema más apropiado. Además, se deben conocer las condiciones locales, tales como radiación solar, disponibilidad de superficies y eventuales sombras que afectarán al sistema FV.

2 INVESTIGAR SOBRE LOS MODELOS DE FINANCIAMIENTO DISPONIBLES

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

3 BUSCAR Y COTIZAR CON EMPRESAS INSTALADORAS

Se recomienda averiguar si la empresa instaladora tiene experiencia en instalar sistemas FV y si cuenta con un instalador eléctrico autorizado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Cotizar con varias empresas también es importante para obtener el mejor precio, condiciones de pago y servicio de postventa.

4 ENCONTRAR LOS PRODUCTOS ADECUADOS

Existe una gran diversidad de productos en el mercado, que varían en precio y calidad. Es importante informarse con cada proveedor sobre las tecnologías y sus garantías, para encontrar los productos más adecuados a las necesidades de la empresa.

5 SELECCIONAR EL MARCO REGULATORIO MÁS APROPIADO PARA CONECTARSE A LA RED

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

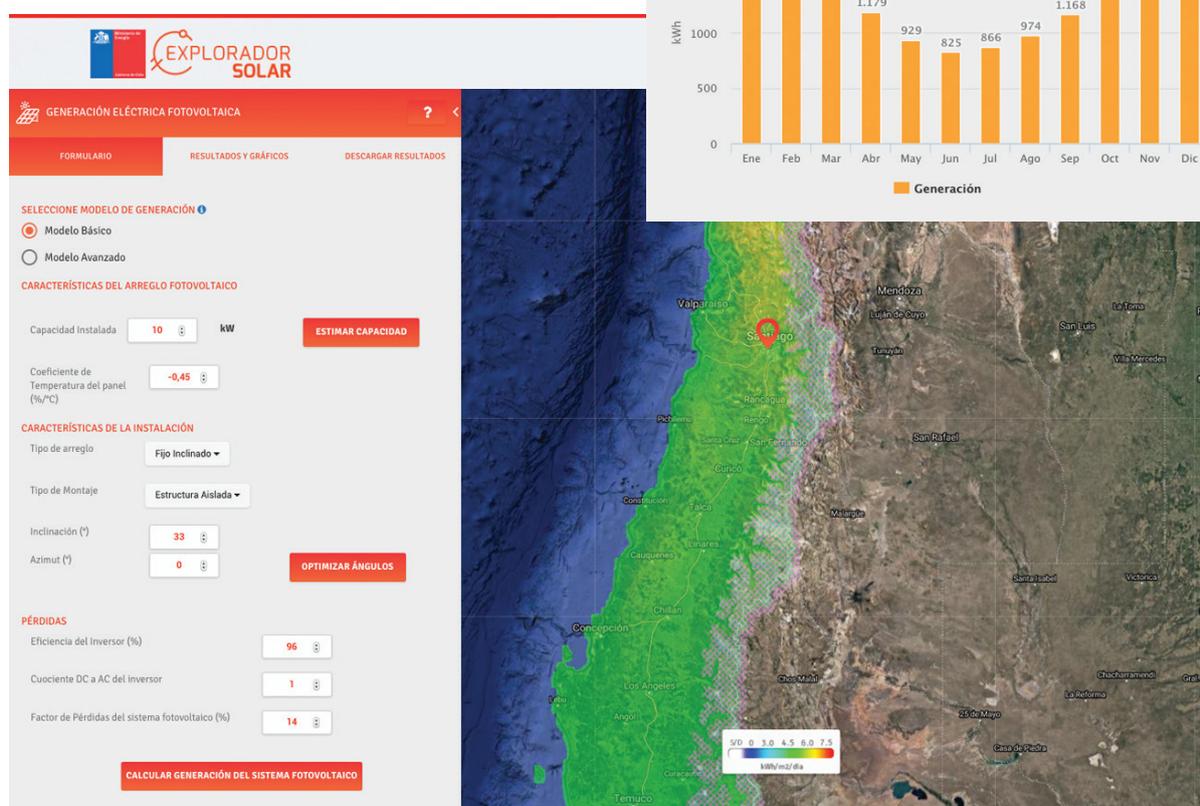
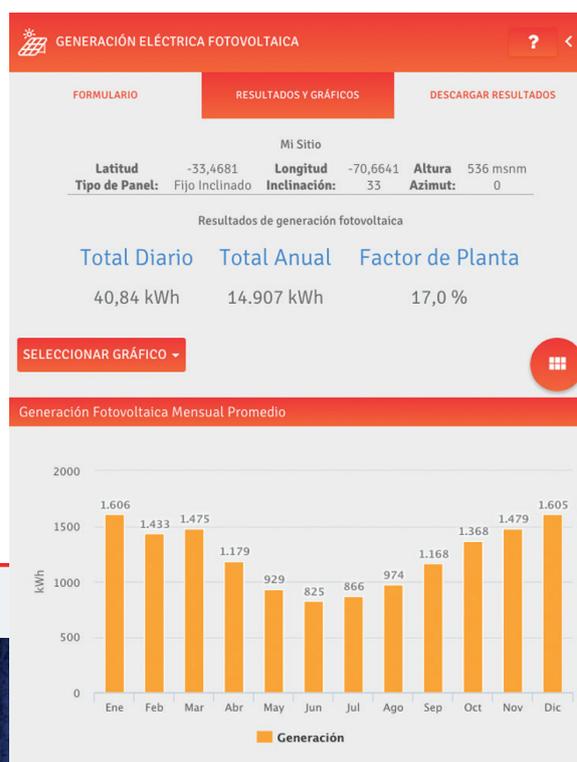


¿Cuánta energía genera un sistema fotovoltaico?

La generación de energía de un sistema FV depende de su eficiencia, tamaño y ubicación. En el comercio establecido se suelen vender paneles FV con potencia¹ nominal entre 150 y 350 [Wp]². La cantidad de paneles que se instalen determinará el tamaño del sistema FV, los que pueden ir desde unos pocos kilo Watts [kWp] hasta cientos de Mega Watts [MWp].

La principal herramienta pública para la estimación de la energía fotovoltaica para el autoconsumo es el "Explorador Solar" (<http://solar.minenergia.cl/inicio>). Este sitio web 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.

El Explorador Solar permite obtener de manera rápida información aproximada y resumida de la radiación solar y simular la producción de electricidad de un sistema fotovoltaico, en cualquier ubicación del país. Las siguientes figuras muestran los resultados para un sistema FV de 10 [kWp] en Santiago.

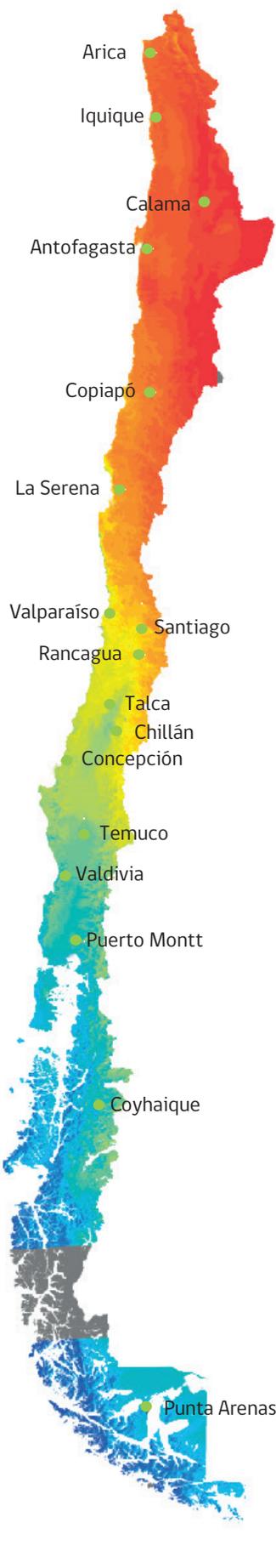


¹ En el Sistema Internacional de Unidades, la potencia se mide en **Watt**, cuyo símbolo es **[W]**. Se usa el prefijo "kilo" para indicar mil unidades (1.000 Watts [W] equivale a 1 [kW]) y el prefijo "Mega" para indicar un millón de unidades (1.000[kW] equivalen a un 1 [MW]).

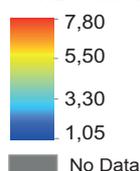
² **Watt peak [Wp]**: es una medida de potencia nominal de un panel fotovoltaico en condiciones de laboratorio o condiciones de prueba estándar (1.000 [W/m²], 25°C, 1,5 atmósferas, entre otros). Dado que las condiciones reales serán distintas a las del laboratorio, en la práctica se producirá una potencia pico (del inglés "peak") menor que la potencia nominal (entre 15% a 20% menor aproximadamente), debido principalmente al calentamiento de las celdas solares.

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

Estimación de generación de energía anual [kWh]³ de un sistema fotovoltaico por ciudad



Radiación Global Horizontal (kWh/m²/día)



Tamaño de la instalación fotovoltaica [kWp]

Ciudad/Tamaño	1 [kWp]	5 [kWp]	10 [kWp]	300 [kWp]
Arica	1.753	8.765	17.530	525.900
Iquique	1.605	8.025	16.050	481.500
Calama	2.110	10.550	21.100	633.000
Antofagasta	1.680	8.400	16.800	504.000
Copiapó	1.867	9.335	18.670	560.100
La Serena	1.471	7.355	14.710	441.300
Valparaíso	1.413	7.065	14.130	423.900
Santiago	1.535	7.675	15.350	460.500
Rancagua	1.563	7.815	15.630	468.900
Talca	1.476	7.380	14.760	442.800
Chillán	1.466	7.330	14.660	439.800
Concepción	1.456	7.280	14.560	436.800
Temuco	1.277	6.385	12.770	383.100
Valdivia	1.206	6.030	12.060	361.800
Puerto Montt	1.096	5.480	10.960	328.800
Coyhaique	1.334	6.670	13.340	400.200
Punta Arenas	1.160	5.800	11.600	348.000

Fuente: Explorador de Energía Solar, Ministerio de Energía.

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

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.

³ Kilowatt hora [kWh], es una unidad de energía expresada de forma de unidad de potencia por tiempo, con lo que se da a entender que la cantidad de energía de la que se habla es capaz de producir y sustentar una potencia determinada durante una hora.

¿Qué debo tener en cuenta para instalar un sistema fotovoltaico?

El principal requisito para instalar un sistema fotovoltaico es disponer de un área libre de sombras, la cual comúnmente puede estar sobre un techo, en un estacionamiento o en algún terreno sin uso. La orientación de los paneles FV debe estar idealmente hacia el norte. También, su estructura de soporte debe resistir el peso de los paneles y, además, debe existir un acceso para realizar mantenciones y limpieza.

El área y la disposición de los paneles fotovoltaicos determinarán el tamaño del sistema. Como primera aproximación se puede decir que se necesitan entre 10 y 15 [m²] por cada 1 [kWp] que se quiera instalar. A continuación, se presentan diferentes ejemplos de sistemas fotovoltaicos instalados en diversos espacios, que de acuerdo con 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 de electricidad puedo obtener?

El ahorro de electricidad dependerá de la relación entre el consumo de electricidad y la electricidad generada por el sistema fotovoltaico, la cual dependerá a su vez del tamaño y ubicación en donde sea instalado. Adicional a los ahorros por autoconsumo, si hubieran excedentes por energía inyectada a la red, estos se pueden descontar de todos los cargos de facturación (y no solo del cargo por energía), lo que permitiría una disminución en el valor de la boleta de electricidad.

¿Cuánto cuesta un sistema fotovoltaico?

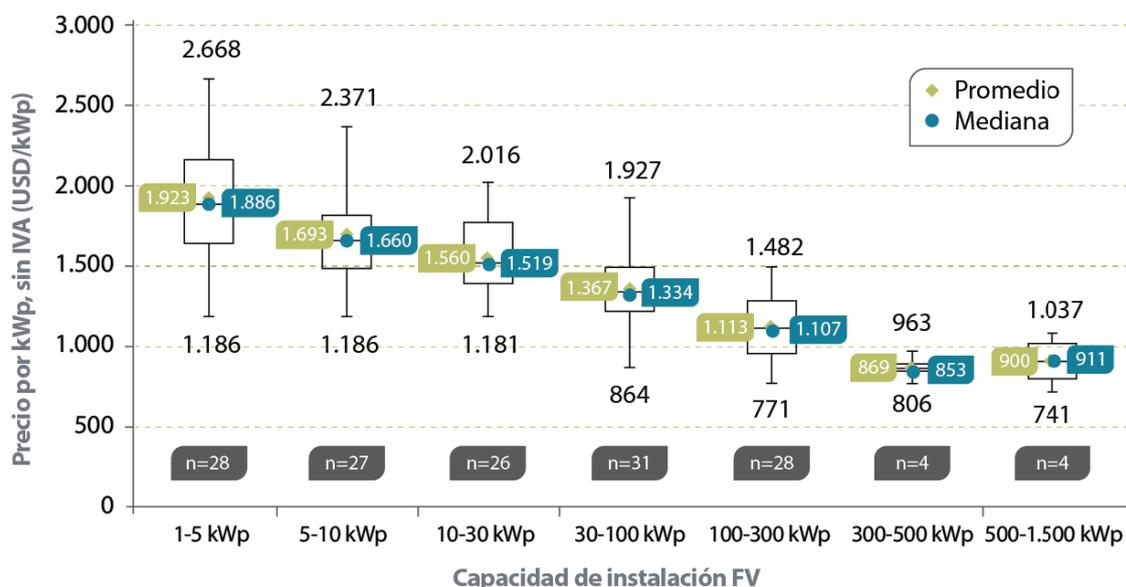
Los sistemas FV pueden variar en precio y calidad. Por este motivo, se recomienda averiguar sobre cada proveedor y sus productos, sobre la empresa que finalmente realizará la instalación y las garantías para ambos. A su vez, será necesario conocer el marco regulatorio al que se sujetará la instalación, para conseguir la opción más apropiada a sus necesidades.

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

- Tipo, calidad, eficiencia 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.

El Ministerio de Energía y GIZ han elaborado un estudio llamado "Índice de Precios de Sistemas Fotovoltaicos", el cual provee valores estadísticos de precios por rangos de potencia instalada de sistemas FV actualmente comercializados en el mercado chileno y conectados a la red eléctrica. Estos valores fueron extraídos a través de una encuesta dirigida a los proveedores que cuentan con experiencia en la instalación de sistemas FV.

Análisis estadístico de precios de sistemas fotovoltaicos comercializados en Chile



n = tamaño de muestra. Corresponde a la cantidad de respuestas obtenidas de la encuesta y que fueron consideradas para el rango correspondiente.

Fuente: Índice de precios de sistemas FV conectados a la red en Chile, Ministerio de Energía y GIZ, diciembre 2019. Este estudio puede descargarse de la página web <https://www.energia.gob.cl/educacion/indices-de-precios>.

En el gráfico anterior se observa que a medida que los sistemas fotovoltaicos aumentan su tamaño (capacidad instalada), resulta más económico generar electricidad, debido a las economías de escala.

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 la que más se adapte a las necesidades de cada empresa.

Financiamiento convencional

Consiste en comprar el sistema FV, ya sea con recursos propios, crédito o *leasing* de alguna entidad financiera. Para este modelo de financiamiento se requiere de capital para el pago total de la inversión o un pie para suplementar el préstamo.

Dependiendo de la capacidad de pago de la empresa, se puede acceder a financiamiento para la implementación del sistema FV a través de créditos comerciales o *leasing*. BancoEstado⁴ tiene un financiamiento especial para este tipo de inversiones, enmarcado en su línea de financiamiento para proyectos de autoconsumo con energías renovables y eficiencia energética. Entre los requisitos para solicitar este crédito, se encuentran: ser una pequeña empresa, persona natural con giro comercial o persona jurídica sin protestos ni morosidades vigentes. Adicionalmente, CORFO tiene garantías que pueden ayudar a obtener financiamiento si la empresa no cuenta 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 el sistema FV funcione de manera eficiente y confiable.

Modelo ESCO

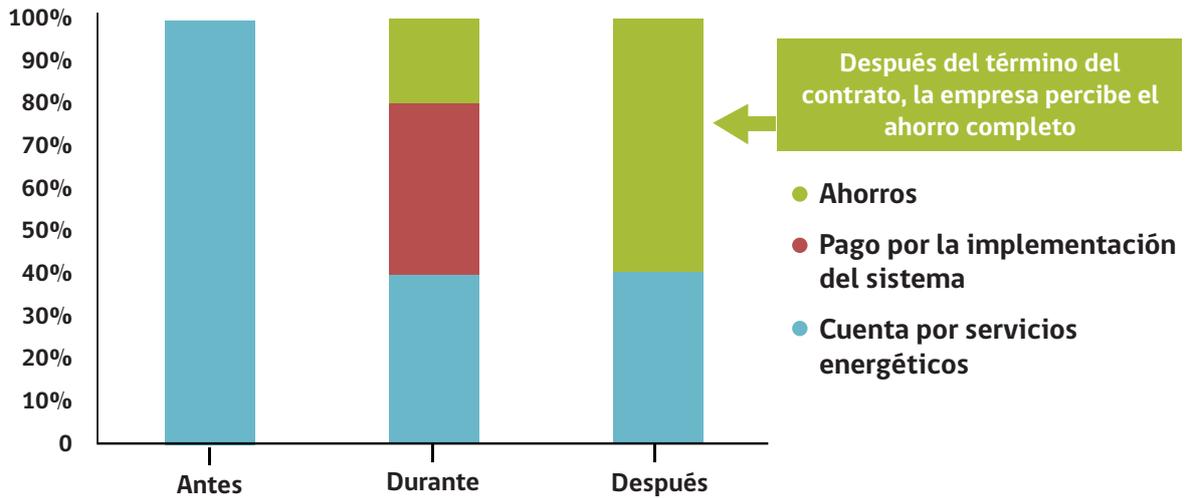
Este modelo consiste en un contrato de venta de energía a largo plazo con una empresa de servicios energéticos, también llamada ESCO (del inglés "Energy Service Company"), la cual diseña, financia, instala, opera y mantiene el sistema FV sin costo de inversión para el cliente. En general, los contratos tienen una duración de entre 10 y 20 años, donde el cliente compra la energía generada por el sistema FV a una tarifa usualmente menor que la ofrecida por la empresa distribuidora. Por esto, es importante que las empresas estudien adecuadamente la duración del contrato y el descuento ofrecido respecto a la tarifa de la empresa distribuidora. Una vez vencido el plazo del contrato, el cliente pasa a ser dueño del sistema FV y obtiene el beneficio económico de toda la energía que genere el sistema FV por el resto de su vida útil.

Este modelo puede operar con una cuota fija, tipo *leasing* 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 el adecuado rendimiento del sistema, es decir, que se producirá un cierto valor mínimo de electricidad. En este escenario, las variaciones del clima y el rendimiento de los paneles fotovoltaicos en el tiempo se toman en cuenta. Si la generación solar no alcanza el mínimo establecido indicado en el contrato, puede obligarse a la empresa instaladora a compensar al cliente, dependiendo del contrato.

Por último, el Buscador de Fuentes de Financiamiento del Ministerio de Energía, recopila periódicamente la información de diversas instituciones estatales que poseen líneas de financiamiento o cofinanciamiento para proyectos de Eficiencia Energética y Energías Renovables No Convencionales a pequeña escala. El buscador es de acceso público y se encuentra en el sitio web <http://www.minenergia.cl/pfinanciamiento/>.

⁴ https://www.bancoestado.cl/imagenes/_pequenas-empresas/productos/financiamiento/proyectos-eficiencia-energetica.asp

Situación después de la implementación de un contrato ESCO



Marco regulatorio

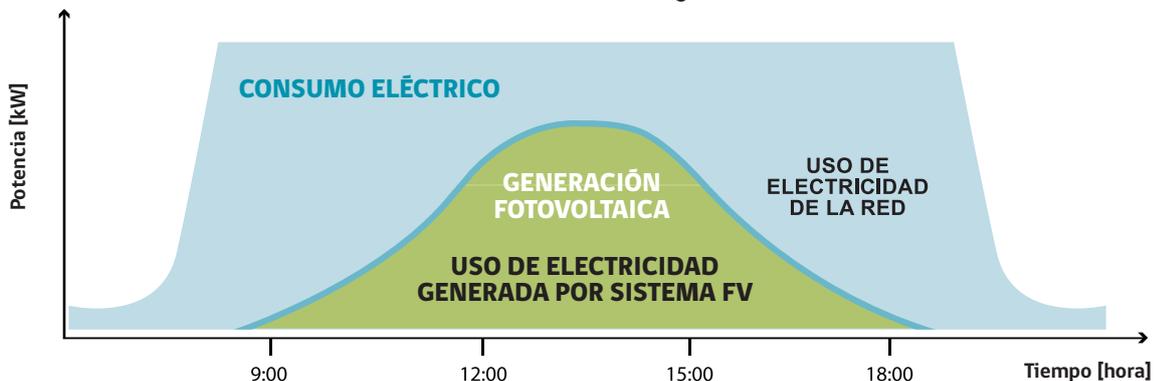
Existen tres formas para conectar proyectos de energías renovables para el autoconsumo a la red eléctrica: sistemas sin inyección a la red (Decreto 8/2019, pliego técnico normativo RIC N^o9: Sistemas de Autogeneración), sistemas con inyección a la red sin fines comerciales (Art. 149 bis y siguientes de la LGSE) y sistemas con inyección a la red con fines comerciales o PMGD (Art. 149 de la LGSE). Cada una otorga derechos y deberes, los que deben ser evaluados para seleccionar el marco regulatorio que más se ajuste al tipo de proyecto que se desea implementar.

Sistemas sin inyección a la red (Decreto 8/2019, pliego técnico normativo RIC N^o9: Sistemas de Autogeneración)

El Decreto 8/2019 del Ministerio de Energía, el cual aprueba el Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica, establece el pliego técnico normativo RIC N^o9: Sistemas de Autogeneración. Dicha normativa establece los requisitos de seguridad que deben cumplir los sistemas de autoconsumo sin inyección a la red, en las instalaciones de consumo de energía eléctrica.

Existen casos en que la demanda de energía de la empresa supera ampliamente la generación de energía FV proyectada. 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.

Gráfico simplificado del uso de energía eléctrica en un establecimiento con un sistema fotovoltaico sin inyección de excedentes



El gráfico anterior representa el consumo de electricidad un día cualquiera durante el año, en un establecimiento con un sistema FV en donde el consumo eléctrico es siempre mayor a la generación FV.

A continuación, se muestran dos ejemplos de sistemas FV sin inyección a la red (Decreto 8/2019, pliego técnico normativo RIC N°9: Sistemas de Autogeneración).

EJEMPLO

MALL ZOFRI, Iquique, Región de Tarapacá



Sistema FV en estacionamiento 100% autoconsumo

Conexión a través de pliego técnico normativo RIC N°9, Decreto 8/2019 / Potencia: 242 kWp

Este es el primer caso del país donde un centro comercial fomenta el uso de energías renovables para contribuir a la protección del medio ambiente. La empresa ZOFRI S.A. puso en marcha este proyecto el 2014, en el 4to piso del centro comercial Mall ZOFRI, incorporando energía solar a su matriz eléctrica, de modo de aminorar los crecientes costos derivados de los combustibles fósiles. Este proyecto fue cofinanciado por el Ministerio de Energía en el marco de la convocatoria "Concurso innovación en Energía Renovable" de InnovaChile de CORFO. El proyecto suministra el 22 % del consumo eléctrico del Mall Zofri.

EJEMPLO

IDEAL S.A. Quilicura, Región Metropolitana de Santiago



Sistema FV para autoconsumo sobre techo

Conexión a través de pliego técnico normativo RIC N°9, Decreto 8/2019 / Potencia: 2,32 [MWp]

En Septiembre del 2019, IDEAL S.A. empresa del Grupo Bimbo, inauguró un sistema de autoconsumo de energía solar, el cual permite generar aproximadamente 3 [GWh] anuales, mitigando anualmente 1.310 toneladas de CO2 en la atmósfera, lo que equivale a plantar una superficie de más de 88.870 árboles. Se trata del sistema fotovoltaico privado más grande de Chile y Sudamérica (al 10 de septiembre de 2019) construido sobre un techo. Este proyecto fue financiado con inversión propia.

"Estamos muy orgullosos de este gran paso, no tenemos dudas que la sustentabilidad es el camino a seguir para impactar positivamente en la vida de nuestros colaboradores, nuestra sociedad y el planeta".

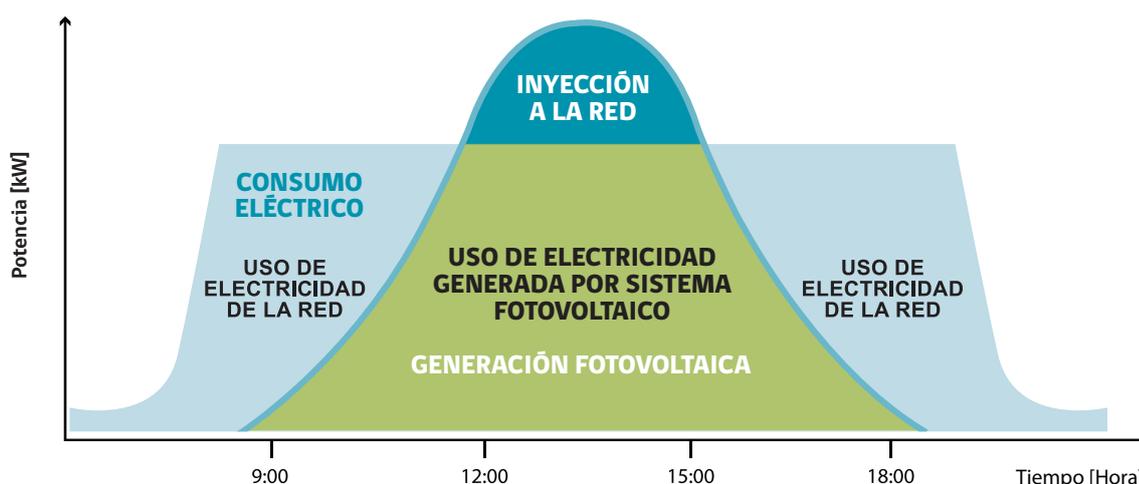
Enrique Martínez, Gerente General de IDEAL S.A.

Sistemas con inyección a la red sin fines comerciales (Art. 149 bis y siguientes de la LGSE)

La Ley General de Servicios Eléctricos, en sus artículos 149 bis y siguiente o Ley de Generación Distribuida para el Autoconsumo (también conocida como Ley de Facturación Neta o Net Billing) da derecho a los clientes regulados a instalar sus propios sistemas de autogeneración y vender sus excedentes a la red de distribución a un precio regulado, siempre que éstos sean medios de generación de energías renovables no convencionales o cogeneración eficiente y no superen los 300 [kW] de capacidad instalada por cada inmueble o instalación de un cliente o usuario final.

Las empresas con sistemas FV acogidos a la Ley de Generación Distribuida consumen la energía solar generada antes de obtener la electricidad de la red eléctrica. Cuando el sistema FV no está generando suficiente energía para abastecer la demanda, se obtiene el resto desde la red y cuando la generación FV supera a la demanda eléctrica, la energía excedente se inyecta a la red. Los excedentes de energía inyectados son valorizados a un precio regulado y luego vendidos a la distribuidora eléctrica para generar un descuento adicional en la cuenta de electricidad. Esto se puede apreciar en el siguiente gráfico:

Gráfico simplificado consumo de electricidad en un establecimiento con un sistema FV con inyección de excedentes



La Ley de Generación Distribuida permite además la instalación de sistemas de generación comunitarios o de propiedad conjunta y amplía la posibilidad de traspasos de excedentes generados por el cliente a otras cuentas de electricidad de las cuales sea usuario, mientras sean cuentas con la misma empresa distribuidora.

Finalmente, la Ley permite el pago de excedentes que no hayan podido ser descontados de las cuentas de suministro eléctrico a aquellos usuarios que cumplan con alguna de las siguientes consideraciones:

- Cientes residenciales cuya potencia conectada no supere los 20 [kW].
- Personas jurídicas sin fines de lucro cuya potencia conectada no supere los 50 [kW].
- Otros clientes que demuestren que su sistema fue originalmente diseñado para el autoconsumo.

A continuación, se muestran dos ejemplos de sistemas fotovoltaicos con conexión a través de Ley de Generación Distribuida:

EJEMPLO

Cervecería Guayacán SpA, Vicuña, Región de Coquimbo



Sistema FV para el autoconsumo con inyección de excedentes a la red

Conexión a través de Ley de Generación Distribuida para el Autoconsumo

(Art. 149 bis LGSE) / Potencia: 20 [kWp]

"Desde que empezamos con nuestra Cervecería siempre quisimos aprovechar la energía del sol dada la gran cantidad de días soleados que tenemos en el Valle del Elqui, pero como buen emprendimiento los recursos siempre son escasos. Por eso fue que postulamos al subsidio que ofreció FIA, con lo cual conseguimos un financiamiento de 65% del proyecto. Con esto logramos llevarlo a la realidad, bajando el *payback* considerablemente y aumentando nuestras ventajas competitivas como Cervecería".

Andrés Toro, Fundador y Director Cervecería Guayacán

EJEMPLO

Viña San Pedro Tarapacá. Isla de Maipo, Región Metropolitana de Santiago



Sistema FV para el autoconsumo con inyección de excedentes a la red

Conexión a través de Ley de Generación Distribuida para el Autoconsumo (Art. 149 bis LGSE)

/ Potencia total: 2,7 [MWp]

Como parte de su estrategia de sostenibilidad, VSPT (Viña San Pedro Tarapacá) Wine Group se ha propuesto el objetivo de producir sus vinos con un abastecimiento de 100% proveniente de energías renovables hacia 2021. VSPT Wine Group firmó un contrato tipo ESCO, de compraventa de energía a partir de proyectos net-billing que incluyen el diseño, financiamiento, construcción, operación y mantención los proyectos solares de autoconsumo, para entregarle energía limpia y competitiva a los campos y bodegas. El proyecto completo comprende una capacidad instalada total de 2,7 [MWp] que considera 13 proyectos solares de net-billing con capacidad de entre 100 y 300 [kWp], en 9 predios diferentes ubicados entre las regiones de Valparaíso y el Maule. Dicha capacidad solar permitirá abastecer alrededor de un 60% los requerimientos de energía eléctrica donde se ubican los proyectos.

Sistemas con inyección a la red con fines comerciales o Pequeños Medios de Generación Distribuida (Art. 149 de la LGSE)

Para desarrollar un proyecto de generación eléctrica de hasta 9 [MW], ya sean provenientes de energías convencionales o de energías renovables, con fines comerciales, se deberá conformar una empresa que tenga un giro de generación eléctrica y participar de los balances del sistema eléctrico como un coordinador del mismo. A estas empresas se les llaman Pequeños Medios de Generación Distribuidos (conocidos por su sigla "PMGD"). La energía inyectada se vende en el mercado eléctrico. Los proyectos con una capacidad instalada de hasta 1,5 [MW] pueden optar a un procedimiento de conexión abreviado, dependiendo de las condiciones locales de la red de distribución a la que se conectan.

EJEMPLO

CINTAC, Región Metropolitana de Santiago



Sistema FV para la industria

Conexión a través de PMGD
Potencia: 2,77 MWp (Etapa 1)

La empresa CINTAC, a través de financiamiento propio, ha implementado una planta FV con el modelo PMGD.

"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 una planta fotovoltaica sobre cubierta en una superficie de casi 30.000 metros cuadrados. Con este hito lograremos reducir cerca de 1.400 ton de CO₂ y dar un importante paso en sustentabilidad y compromiso con el medioambiente."

Manager CINTAC Solar



El siguiente cuadro presenta un resumen comparativo de las principales diferencias de los marcos regulatorios disponibles para energías renovables para el autoconsumo:

Comparación del marco regulatorio disponible			
	Pliego técnico normativo RIC N°9, Decreto 8/2019	Ley de Generación Distribuida para el Autoconsumo (art. 149 bis LGSE)	PMGD (Art. 149 LGSE)
Capacidad permitida	Misma capacidad o menor que la potencia contratada del inmueble.	Hasta 300 [kW] (Potencia nominal del inversor).	Hasta 9 [MW].
Requerimientos de conexión	Se debe instalar un sistema que asegure que no se producirán inyecciones.	Se deben seguir los procedimientos establecidos. El cliente debe ser regulado.	Es necesario realizar estudios de conexión dependiendo del tamaño del sistema y de la red de distribución.
Ventajas	La capacidad del sistema solo queda limitada por la potencia contratada del inmueble. No se debe tramitar la conexión con la distribuidora. La inscripción ante la SEC se hace en línea y no representa un costo, más que el del instalador autorizado.	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.
Desafíos o limitaciones	No se pueden realizar inyecciones.	Limitación a la capacidad instalada del equipamiento de generación a 300 [kW]. Adicionalmente, existe un límite a lo que se puede inyectar basado en que sea para autoconsumo, es decir, solo a las necesarias para reducir los costos de suministro eléctrico y no más allá.	La empresa que vende la energía debe tener un giro de generación eléctrica y participar como generador en el mercado eléctrico, y cumpliendo requerimientos más exigentes.
Empresas o industrias apropiadas	Usualmente empresas medianas y grandes que tengan siempre demanda durante horas de generación solar en las distintas estaciones del año.	Clientes regulados, residenciales y empresas con cualquier tipo de demanda. Aunque las demandas estacionales estivales son las que más beneficios obtienen de este modelo.	Usualmente empresas medianas y grandes que estén conectados en media o alta tensión.

Análisis de rentabilidad para sistemas fotovoltaicos

Retorno sobre la inversión

Los sistemas FV son cada vez más asequibles y en muchos casos se pueden obtener indicadores financieros atractivos para decidir invertir, tales como: el período de retorno de la inversión, la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN).

Para calcular adecuadamente el retorno de un sistema FV, se deberá determinar el costo total del sistema y la energía total generada durante toda su vida útil, para luego compararlo con lo que se gastaría en electricidad de la red en ese mismo periodo.

Una empresa instaladora de sistemas FV con experiencia deberá analizar la tarifa eléctrica, el consumo actual de electricidad y la generación de energía fotovoltaica posible del lugar, para diseñar un sistema óptimo de las necesidades de la empresa o industria.

Un profesional del área de las finanzas es la persona más apropiada para realizar un estudio de factibilidad financiera del proyecto, basándose en la propuesta técnica de la empresa instaladora.

Horizonte de evaluación y vida útil

Se puede estimar la vida útil de un sistema FV a partir de la información proporcionada por los fabricantes de los componentes (ej. paneles, inversor(es) y estructura). Los fabricantes normalmente pueden declarar un periodo de garantía y de vida útil de sus componentes, entre otros. Se recomienda revisar dicha información para estimar la vida útil de la planta. Usualmente se evalúan los proyectos FV a 20 o 25 años.

Degradación anual e ingresos

Todos los paneles FV sufren una pequeña degradación anual que afecta la generación de energía (alrededor del 0,5% anual), y por tanto debe ser considerada al momento de estimar los ingresos.

El fabricante de paneles fotovoltaico, además de declarar el periodo de garantía, también debe declarar y garantizar el efecto de degradación que puede 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. Estas opciones dependerán de la empresa instaladora del proyecto o 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* solar, el arriendo del sistema FV podría ser tratado como gasto. Se recomienda contactar a un contador o al Servicio de Impuestos Internos (www.sii.cl) si se tienen dudas.

Costos de operación y mantenimiento

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

No existe un porcentaje estándar que explique el costo de la mantención de un sistema FV en Chile. Sin embargo, muchos instaladores, por experiencia han estimado estos costos en un rango anual de entre un 0,5% a 2% de la inversión inicial. Por lo general, la mayoría de las empresas especialistas pueden cotizar este servicio o también realizar las mantenciones con personal capacitado propio.



7 pasos a considerar antes de instalar un sistema fotovoltaico

Si la empresa o industria está interesada en estudiar la opción de instalar un sistema fotovoltaico en sus dependencias, debe considerar diversos factores. A continuación, se enumeran 7 pasos que pueden ser tomados en cuenta para facilitar la toma de decisión:

1. Identificación de las necesidades energéticas de la empresa
2. Búsqueda de empresa instaladora
3. Diseño y factibilidad
4. Selección de productos
5. Cotización y acuerdo
6. Instalación e inspección
7. Conexión a la red

1

IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LA EMPRESA

Entender el consumo eléctrico y la tarifa actual, son el primer paso para determinar si instalar un sistema FV en una empresa es una inversión viable.

Es importante saber si se es un cliente regulado⁷ o libre⁸. Si se es un cliente libre, se debe confirmar con el proveedor de energía eléctrica si el contrato actual permite instalar un sistema FV y en qué condiciones. Solo los clientes regulados tienen derecho al esquema de Ley de Generación Distribuida.

Es importante también conocer el perfil de consumo de la empresa (el consumo típico de electricidad durante el día) y la potencia conectada del inmueble. Tanto la potencia conectada como el tipo de tarifa aparecen en las cuentas de energía eléctrica. Esta información le permitirá entender cuál podría ser el aporte de un sistema FV a sus necesidades actuales y cuál marco regulatorio es más apropiado.

Si se desea conocer una aproximación al potencial solar de las dependencias de la empresa, se puede utilizar el Explorador Solar⁹.

⁷ Clientes regulados son clientes 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.

⁸ Clientes libres son aquellos cuya potencia conectada es de al menos 500[kW]. Los clientes libres negocian libremente los precios de electricidad con las generadoras y fijan condiciones mediante contrato de suministro. Por ejemplo; grandes industrias y grandes mineras.

⁹ <http://solar.minenergia.cl/inicio>

2

BÚSQUEDA DE EMPRESA INSTALADORA

Buscar a la empresa adecuada para la instalación de un sistema FV es importante, ya que el diseño de la instalación de paneles en lugares residenciales o inmuebles comerciales pueden modificar la configuración tanto de las estructuras de soporte como de los equipos, por lo cual se sugiere asegurar que el instalador tenga experiencia relevante para poder calcular el tamaño del sistema que se quiere instalar.

Las empresas instaladoras que no visiten el sitio de instalación pueden tener dificultades para recomendar los equipos más apropiados. Un análisis en terreno exhaustivo por parte de la empresa instaladora ayudará a asegurar un buen diseño e instalación.

Es importante mencionar que se sugiere cotizar en varias empresas para asegurar un buen precio. Para tener una idea de costos, se puede revisar el Índice de Precios Fotovoltaicos, mencionado en página 9 de la presente guía.

En la página de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) se puede encontrar información sobre empresas que han instalado sistema FV bajo la Ley de Generación Distribuida¹⁰, y que han cumplido con la normativa vigente.

3

DISEÑO Y FACTIBILIDAD

La empresa instaladora diseñará y evaluará a la medida el sistema FV basado en las necesidades específicas: cuánto se quiere invertir o financiar, cuánta electricidad se podrá ahorrar, y los aspectos estructurales del inmueble.

Una empresa instaladora puede realizar los siguientes estudios:

- Determinar el tamaño del sistema FV en base a las necesidades señaladas por el cliente.
- Determinar el consumo actual de electricidad.
- Determinar el costo total del proyecto y ofrecer opciones de financiamiento.
- Indicar la experiencia con que cuenta la empresa instaladora en proyectos similares.
- Indicar las principales especificaciones técnicas referenciales de los equipos a utilizar (paneles, inversor y estructura), y sus garantías.
- Determinar la ubicación de los paneles, además de su inclinación y orientación, disponibilidad del recurso solar y sombras.
- 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, 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 quién se hará cargo del proceso, trámites y costos de conexión (en caso que los hubiera).
- Estimar los plazos de ejecución.
- Determinar si es necesario cambiar el medidor o reprogramarlo.
- Determinar qué otros análisis e inspecciones pueden ser necesarias¹¹.

¹⁰ <https://www.sec.cl/generacion-ciudadana-te4/proveedores-e-instaladores/>

¹¹ En el caso que el sistema FV se instale en un techo existente, se recomienda que un constructor civil evalúe la factibilidad de la instalación.

4

SELECCIÓN DE PRODUCTOS

La empresa instaladora podrá ayudar a escoger el tipo de panel e inversor(es) que mejor se adapten a las necesidades.

Hay un gran número de productos en el mercado que varían en calidad y características. Los módulos e inversores son equipos que autoriza la SEC y se puede consultar en su página web¹².

Para hacer la selección se debe considerar lo siguiente:

- ¿Cuánta energía genera el sistema FV ofertado y cómo se compara con otros?
- Los componentes que la empresa instaladora sugiere para realizar la conexión a la red (paneles, inversor(es), medidor), ¿cumplen con la normativa de la SEC?
- Los otros componentes que la empresa instaladora sugiere, como la estructura de soporte, ¿cumplen con los estándares de la industria?
- ¿Qué garantías incluyen los productos?
- ¿Cómo se comparan estas garantías con los otros productos en el mercado? (Usualmente hay dos tipos de garantías, de rendimiento y de producto).
- ¿Cuáles son las responsabilidades del usuario para mantener las garantías?
- ¿Qué garantías ofrece la empresa instaladora por el funcionamiento del sistema?

La fortaleza financiera de la empresa proveedora puede ser un reflejo de la capacidad para cumplir en el caso de fallas o bajos rendimientos.

5

COTIZACIÓN Y ACUERDO

Después del diseño y la selección de los productos se debiera solicitar una cotización detallada para la instalación de sistema, incluyendo las condiciones de la venta.

La cotización debiera especificar la cantidad, el tamaño, la capacidad y el rendimiento de los principales componentes incluyendo: paneles FV, inversor(es), estructura de soporte, cualquier medidor adicional o cables, monitoreo y requerimientos de transporte, otros equipamientos necesarios para conectarse a la red.

Adicionalmente, en una cotización estándar se debiera incluir 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.
- La responsabilidad de cada parte por todos los aspectos del proceso, autorizaciones municipales (en caso de que fuera necesario), trámites de conexión y otros trámites en general.
- Garantías, incluyendo instalación, calendario de progresos y pagos.
- Se debe asegurar que el sistema fotovoltaico se diseñará, instalará y conectará de acuerdo con la normativa vigente.
- Provisión de toda la documentación de la planta y su declaración ante la SEC.
- Servicios de post venta ofrecidos, incluyendo un periodo de marcha blanca para revisión del sistema y capacitación sobre limpieza.

6

INSTALACIÓN E INSPECCIÓN

Se recomienda que previo al montaje del sistema FV, la empresa instaladora elabore un estudio de ingeniería 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 Generación Distribuida, la empresa instaladora deberá seguir los requisitos que exige la SEC respecto al diseño e instalación¹³.

La instalación y tramitación de conexión de un proyecto dependerá de su tamaño y complejidad. En esto, se pueden incluir las siguientes etapas:

- Instalación de faenas y medidas de seguridad.
- Instalación del sistema FV.
- Conexión del sistema a la red.
- Trámites asociados al proceso de conexión.

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.

El Ministerio de Energía y GIZ, han elaborado guías técnicas sobre el proceso de instalación que, si bien están orientadas a los instaladores, pueden ser de ayuda para comprender los aspectos críticos para una correcta instalación^{14, 15}.

7

CONEXIÓN A LA RED

La empresa instaladora puede guiar al cliente a través del procedimiento de conexión a la red, dependiendo de la forma de conexión que se haya seleccionado: Sistemas sin inyección a la red (Decreto 8/2019, pliego técnico normativo RIC N°9: Sistemas de Autogeneración), Sistemas con inyección a la red sin fines comerciales (Art. 149 bis y siguientes de la LGSE) o Sistemas con inyección a la red con fines comerciales o PMGD (Art. 149 de la LGSE).

Para cualquiera de los casos los costos asociados a trámites de conexión son de cargo del cliente.

Una descripción detallada de cada procedimiento de conexión se puede encontrar en la página web de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (www.sec.cl).

¹³ <https://www.sec.cl/generacion-ciudadana-te4/declaracion-te4/>

¹⁴ <http://4echile.cl/biblioteca/guia-operacion-mantenimiento-de-sistemas-fotovoltaicos/>

¹⁵ <http://www.minenergia.cl/autoconsumo/>

Operación y mantenimiento

En general, los sistemas FV son muy confiables, seguros, normalmente sus principales equipos ofrecen garantías extendidas y su vida útil puede llegar hasta los 25 años. Sin embargo, al igual que cualquier otro equipo de una empresa o industria, los sistemas fotovoltaicos requieren de mantenimiento.

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:

- Mantenimiento preventivo: Limpieza de paneles e inspecciones periódicas, por ejemplo, inspecciones anuales.
- Mantenimiento correctivo: Operaciones de reparación en caso de falla.
- Mantenimiento predictivo: Monitoreo en línea para utilizar información en tiempo real para llevar a cabo medidas preventivas o correctivas. Algunos fabricantes 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.

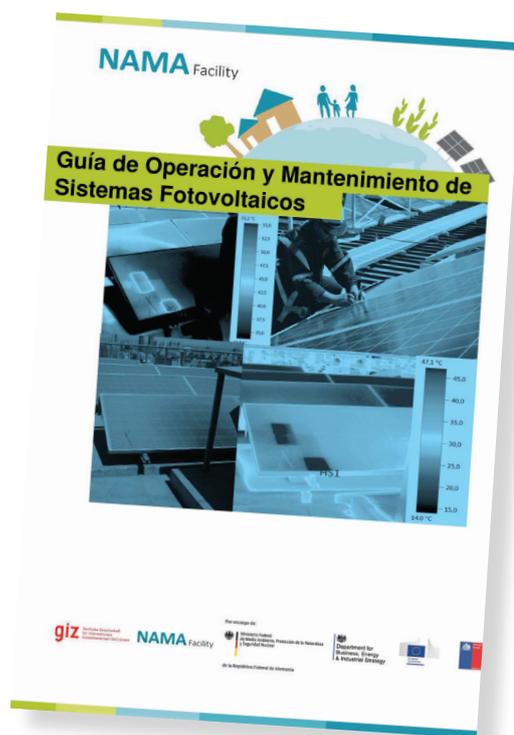
Si se tiene un contrato de compra de energía es probable que la empresa instaladora se haga responsable del mantenimiento como parte del contrato. Se recomienda revisar el contrato para ver los detalles.

¿Cada cuánto se deben limpiar los paneles?

La acumulación de polvo y suciedad impide el ingreso de energía solar y ocasiona una disminución de la energía eléctrica generada (que puede llegar a un 30%). 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 la determinación del periodo adecuado para limpiar los paneles.

¿Más información sobre operación y mantenimiento?

La "Guía de Operación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos"¹⁶, elaborada por el Ministerio de Energía y el Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética (4e) de GIZ, profundiza sobre los aspectos críticos de esta temática.



¹⁶ <https://www.4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2018/11/Guia-OPERACION-MANTENIMIENTO-FOTOVOLTAICO.pdf>

Checklist sistemas fotovoltaicos

Las respuestas a las siguientes preguntas pueden orientar sobre los aspectos críticos en la contratación e instalación de sistemas fotovoltaico. Las preguntas son solo referenciales, y el interesado puede ponderar su relevancia de acuerdo a sus necesidades.

1. ¿Se ha informado debidamente sobre la empresa instaladora?

- ¿Tiene buena reputación su empresa instaladora?
- ¿Tiene la empresa instaladora un instalador eléctrico autorizado por la SEC?
- ¿Qué experiencia tienen tanto la empresa instaladora como el instalador eléctrico autorizado por la SEC en instalaciones de tamaño comercial?
- ¿Cuánto tiempo ha estado en la industria solar en Chile?
- ¿Cuántos sistemas similares a los requeridos ha completado tanto la empresa instaladora como el instalador eléctrico autorizado por la SEC?
- ¿Están actualizados sobre los productos más recientes, los últimos asuntos reglamentarios y requisitos de conexión?
- ¿Realizarán la obra ellos mismos o subcontratarán alguna parte? En caso que sea esta última, ¿Qué acuerdos contractuales existen con los subcontratistas?

2. La cotización

- ¿Es profesional y suficientemente detallada?
- ¿Son los precios típicos en comparación con los precios de la industria?
- ¿Qué está explícitamente incluido y excluido?
- ¿Están claras todas las obligaciones, responsabilidades y riesgos?

3. Los cálculos financieros

- ¿Han proporcionado un análisis de la demanda actual de energía eléctrica y la generación esperada por el sistema fotovoltaico?, ¿Han informado respecto al porcentaje de ahorro en la cuenta de electricidad y la cantidad de años en que se pagaría el sistema, dependiendo del esquema de financiamiento?
- ¿La generación de energía es consistente con los resultados del Explorador Solar del Ministerio de Energía?
- ¿Ha tenido un asesoramiento independiente sobre los efectos tributarios del modelo de financiamiento seleccionado?
- ¿Proporcionarán garantías de rendimiento?
- ¿Se han considerado métodos alternativos de financiamiento?

4. Los productos y servicios

- ¿Le han ofrecido productos de calidad que estén correctamente respaldados en caso de soporte de garantía?
- ¿Ha revisado los términos y condiciones de la garantía?
- ¿Qué obligaciones de servicio han sido incluidas?
- ¿Le han ofrecido garantías de mano de obra o instalación?
- ¿Se ha incluido el monitoreo del sistema para permitir verificar el rendimiento?, ¿Quién es el responsable?
- ¿Los productos ofrecidos están autorizados por la SEC?
- ¿Entiende las limitaciones de soporte y el servicio que se ofrecen?

5. La conexión a la red y las aprobaciones

- ¿Cuál de las tres formas de conexión propuestas (Sistemas sin inyección a la red (Decreto 8/2019, pliego técnico normativo RIC N°9: Sistemas de Autogeneración), Sistemas con inyección a la red sin fines comerciales (Art. 149 bis o siguientes de la LGSE) o Sistemas con inyección a la red con fines comerciales o PMGD (Art. 149 de la LGSE)) es coherente con su proyecto?
- ¿Conoce y está de acuerdo con los costos y limitaciones de conexión?
- En caso que fuera PMGD, ¿conoce las implicancias de participar en el mercado eléctrico?
- ¿Necesita obtener un permiso de obra? ¿Ha sido solicitado y aprobado?
- ¿Ha completado todo el proceso de conexión?

6. Información y apoyo

- ¿Ha recibido un contrato final detallado que incluya todas las aprobaciones pertinentes?
- ¿Entiende exactamente qué productos, servicios, soporte y mantenimiento está recibiendo y de quién?
- ¿Se le ha informado dónde ir si está insatisfecho con el servicio entregado?
- ¿Ha recibido una capacitación sobre el funcionamiento del sistema y manual detallado de operación y mantenimiento?
- Durante la instalación, ¿fue monitoreado el desempeño, comportamiento y la calidad de los instaladores?
- ¿Está funcionando el sistema tal como se esperaba?



**GUÍA DE
SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS
PARA EMPRESAS
E INDUSTRIAS**



Aclaración

Esta publicación ha sido preparada por encargo del Proyecto de Apoyo a la NAMA "Energías Renovables para el Autoconsumo" en Chile, implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. El proyecto se financia a través de la NAMA Facility del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania, el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (DBEIS) de Gran Bretaña y la Comisión Europea. 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, agosto 2020

