



Estudio de Pre-Factibilidad Técnica y Económica de un Sistema FV para Autoconsumo Eléctrico

Colegio alemán de Santiago – Planta FV de 100 kWp

Versión 07.11.16

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:

Energía Solar para la Generación de Electricidad y Calor

Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 365 6800
I www.minenergia.cl

Responsable:

Ana Almonacid B.

En coordinación:

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago • Chile
T +56 22 30 68 600
I www.4echile.cl

Título:

Estudio de Pre-factibilidad Técnica y Económica de un Sistema FV para Autoconsumo Eléctrico.

Autor:

Ana Almonacid / Rodolfo Rivera

**Aclaración:**

Esta publicación ha sido preparada por encargo del proyecto “Energía Solar para la Generación de Electricidad y Calor” 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 Iniciativa Internacional para la Protección del Clima (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB). 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, Noviembre 2016

Contenido del informe

| | |
|---|----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA..... | 4 |
| 3. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO..... | 5 |
| 3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FV SIN BATERÍA | 5 |
| 4. RADIACIÓN SOLAR EN LA ZONA DEL PROYECTO Y CÁLCULO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA | 6 |
| 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA | 6 |
| 5.1. PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS ECONÓMICO DE SISTEMA FV | 6 |
| 5.1.1. Costos asociados al proyecto..... | 6 |
| 5.1.2. Valor de la energía | 7 |
| 5.1.3. Eficiencia del generador solar y vida útil..... | 7 |
| 5.1.4. Tasas de descuento | 7 |
| 5.1.5. Otros parámetros (no utilizado en el cálculo)..... | 7 |
| 5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO..... | 8 |

1. Introducción

El presente estudio tiene por objetivo mostrar los resultados del análisis de pre-factibilidad técnica y económica en la instalación de un sistema fotovoltaico para la generación de electricidad para autoconsumo con una posible inyección y valorización de excedentes a la red de distribución bajo la Ley de Generación Distribuida (Ley 20.571).

2. Análisis de la demanda eléctrica

La información entregada por el cliente para el análisis de consumo, corresponde a un registro histórico de la demanda eléctrica mensual de 12 meses.

| Consumo mensual | | |
|-----------------|--------|----------------|
| mes | unidad | con. acumulado |
| Enero | kWh | 20400 |
| Febrero | | 14700 |
| Marzo | | 21600 |
| Abril | | 32700 |
| Mayo | | 36900 |
| Junio | | 41400 |
| Julio | | 42000 |
| Agosto | | 34200 |
| Septiembre | | 37800 |
| Octubre | | 38400 |
| Noviembre | | 30000 |
| Diciembre | | 27600 |
| Consumo anual | | 377.700 kWh |

Tabla 1: Consumo mensual y anual

El perfil de consumo es el de un colegio con jornada diurna. El perfil está normalizado a un valor de 5.600 Wh por día y solamente refleja el perfil, pero no los valores reales del consumo.

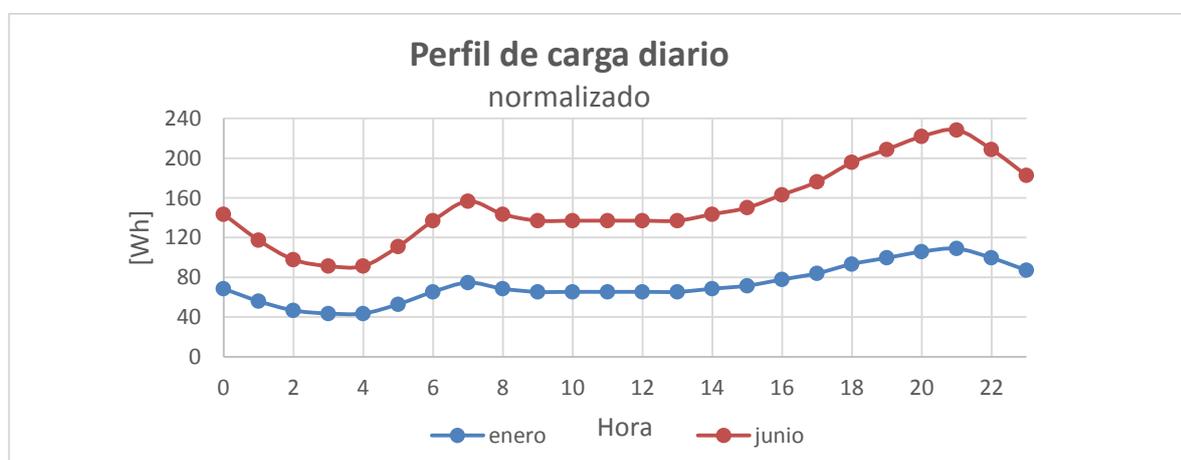


Ilustración 1: Consumo eléctrico diario

3. Diseño del sistema fotovoltaico

3.1. Características del sistema FV sin batería

La configuración del sistema FV está diseñado para ser conectado a la red, de esta forma el excedente de energía generada por el sistema se inyectará a la red de distribución. En caso de fallas en la red, se desconectará el inversor y no generará electricidad. Cuando se producen cortes de suministro, la empresa distribuidora debe asegurarse de que no haya electricidad en la red, ya que podría ser peligroso para las personas que estén reparando el desperfecto. Por lo que el sistema FV dejar de funcionar.

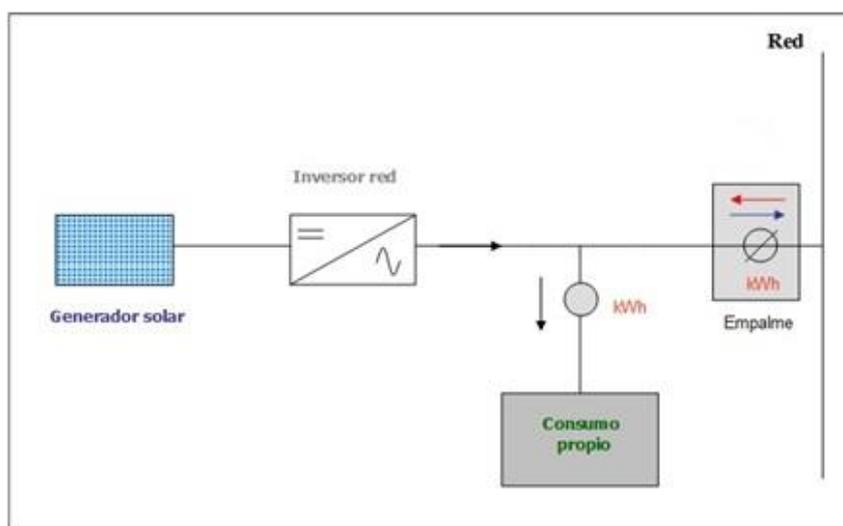


Ilustración 2: Esquema sistema fotovoltaico sin batería.

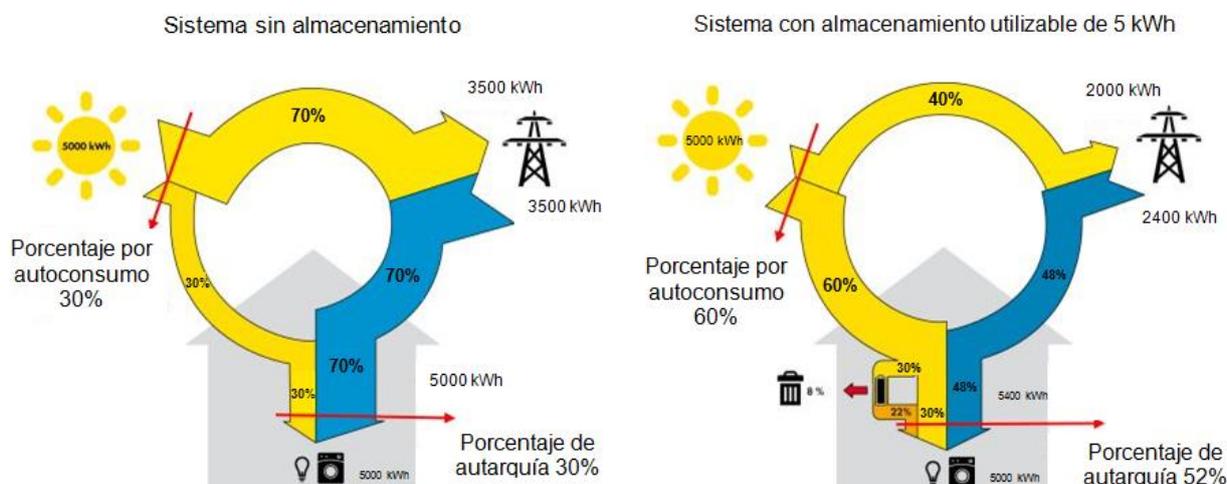


Ilustración 3: Flujos de energía de un sistema fotovoltaico sin y con baterías (Los valores son genéricos y no aplican a este análisis)

Porcentaje por autoconsumo: El porcentaje por autoconsumo representa la proporción entre la energía total que genera el sistema FV y la cantidad de esa energía que se utiliza para consumo propio y/o carga de baterías en el caso de sistemas con almacenamiento de energía (el resto se inyecta a la red).

Porcentaje de autarquía: El porcentaje por autarquía explica el porcentaje del consumo eléctrico que está abastecido por la planta FV y/o la batería. Este incluye el autoconsumo desde la planta FV y la electricidad que viene de la batería. La mayor parte del porcentaje es

utilizado en autarquía y la menor parte está destinada a la electricidad inyectada a la red. Este corresponde al porcentaje de la demanda total de energía que es suministrada por el sistema FV y por las baterías en el caso de sistemas con back-up (el resto es obtenido desde la red).

4. Radiación solar en la zona del proyecto y cálculo de la generación fotovoltaica

Para determinar la radiación, y de esta forma poder estimar la generación de energía del sistema fotovoltaico se utilizó la información suministrada por el Explorador Solar del departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. (<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/>).

El Explorador Solar entrega información sobre la radiación solar incidente en cualquier punto del país, con resolución espacial de 90 metros. Para cada punto se pueden obtener las series de radiación global y directa cada 30 minutos, en todo el período comprendido entre los años 2004 y 2015. La información se presenta en tablas con los promedios anuales y mensuales de la insolación diaria (en kWh por metro cuadrado). Esto permite conocer la variabilidad del recurso en el tiempo y reducir la incertidumbre en la generación de energía a largo plazo. El cálculo de la generación eléctrica está normalizado en el Explorador Solar a 1 kW.

El tamaño óptimo del sistema FV se determina a base del cálculo económico, considerando el consumo eléctrico y la superficie disponible para la instalación.

Se considera un área estimada por kW instalado de 6,5 m². Según la información del cliente, existe suficiente superficie disponible, por lo que no hay restricciones de espacio para instalar 100 kWp sobre techo. Sin embargo es importante considerar el material de cubierta del techo, lo cual deberá ser evaluado en una visita a terreno por parte de las empresas FV que oferten por este proyecto, y así determinar si la cubierta es apropiada o no para instalar un sistema FV. En caso de ser necesario se deberá incluir un recambio de techumbre.

5. Evaluación económica

5.1. Parámetros utilizados en el análisis económico de sistema FV

5.1.1. Costos asociados al proyecto

Se deben considerar todos los costos asociados a la inversión, operación y mantención del proyecto. En cuanto a los costos de inversión, estos se refieren a la compra de los componentes del sistema FV:

- Generador solar
- Inversor
- Estructura soporte del generador solar
- Materiales de instalación, cables, tablero, medidores, seccionador, etc.

Éstos se calculan como un costo unitario, es decir son expresados en \$/kW instalado, lo cual será detallado más adelante.

Valor en este análisis: Los costos se determinan según Índice de Precios de sistemas FV conectados a la red de Noviembre 2016, desarrollado por la GIZ (ver sección 5.2).

En cuanto a los costos de operación y mantención, éstos están asociados al adecuado funcionamiento del sistema durante todo el tiempo de operación e incluyen los trabajos de limpieza y mantención técnica de los paneles al menos una vez al año.

Estos costos son calculados y expresados como un porcentaje de 1% del total de la inversión del sistema FV.

5.1.2. Valor de la energía

El valor de la energía es una variable fundamental para determinar la rentabilidad de un proyecto de generación eléctrica de autoconsumo.

En el análisis siguiente se toman las tarifas actuales de la distribuidora tanto para el consumo como para la inyección.

Se estima que estos valores se verán incrementados en un porcentaje de 1% fijo por año.

5.1.3. Eficiencia del generador solar y vida útil

A lo largo de la vida útil del sistema FV, hay que considerar una degradación de su funcionamiento, es decir los paneles sufren una disminución en su producción eléctrica a lo largo del tiempo.

La degradación en este análisis es 0,6% por año.

5.1.4. Tasas de descuento

Para calcular los flujos a futuros del proyecto es muy importante poder definir la tasa de descuento de éstos, es decir, aplicar a los flujos la rentabilidad que se espera. Este valor es variable y depende exclusivamente de los intereses del inversionista del proyecto.

Tasa de descuento en este análisis: 0% (costo de capital no está considerado.)

5.1.5. Otros parámetros (no utilizado en el cálculo)

Además de los parámetros anteriores, se puede tomar en cuenta otros parámetros para obtener mayor exactitud en los resultados del proyecto. Entre otros, estos podrían ser:

- Inflación: para un correcto cálculo de los resultados se debe considera la variación que se produce en el tiempo del valor real del dinero.
- Recambio del inversor después de su vida útil de aproximadamente 15 años.
- Reliquidaciones en las cuentas de electricidad

| Configuración | |
|---|-------------------|
| Localidad | <i>Las Condes</i> |
| Tarifa | <i>AT</i> |
| Empresa Distribuidora | <i>CHILECTRA</i> |
| Potencia del SFV [kWh] | <i>100.0 kWp</i> |
| Azimut [°] | <i>0</i> |
| Inclinación [°] | <i>33</i> |
| Precio de electricidad [CLP/kWh] | <i>60.26</i> |
| Remuneración inyección [CLP/kWh] | <i>60.26</i> |

Tabla 2: Parámetros utilizados en la evaluación económica del proyecto

5.2. Análisis económico

Es importante aclarar que la evaluación del proyecto se hizo tomando en cuenta una inversión sin financiamiento externo, es decir considerando como financista solamente al dueño del proyecto.

En los cálculos del análisis económico el parámetro sobre el cual se ha aplicado un análisis de sensibilidad es la inversión (\$/kW): costo de inversión de 1,22 USD/Wp (802,8 CLP/Wp) y 1,76 USD/Wp (1.158 CLP/Wp). Estos valores corresponden al costo mínimo y mediana registrados en el Índice de precios de la GIZ, respectivamente¹.

Con respecto a la inversión, actualmente el mercado fotovoltaico es incipiente y no presenta gran madurez. Por esta razón, el costo unitario de equipos fotovoltaicos aún posee una gran dispersión, para el análisis se usaron los valores especificados en la tabla de resultados, considerando sistemas instalados integrados a la cubierta (paralelos al techo o montado al suelo).

La siguiente tabla muestra los resultados de los indicadores VAN, TIR y Payback de la evaluación del proyecto en cada uno de los escenarios considerados:

| Costo Inversión (CLP/Wp) | kW (peak) | Costo total (Mio. CLP, sin IVA) | Generación FV (kWh/a) | VAN (Mio. CLP) | TIR sobre equity (%) | Plazo recuperación simple (años) |
|--------------------------|-----------|---------------------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------------------------|
| 802,8 | 100 | 80,2 | 149.893 | 123,4 | 9,1 | 9,3 |
| 1.158 | 100 | 115,8 | 149.893 | 74,1 | 4,3 | 13,6 |

Tabla 3: Resultados económicos pre-factibilidad planta FV de 100 kWp

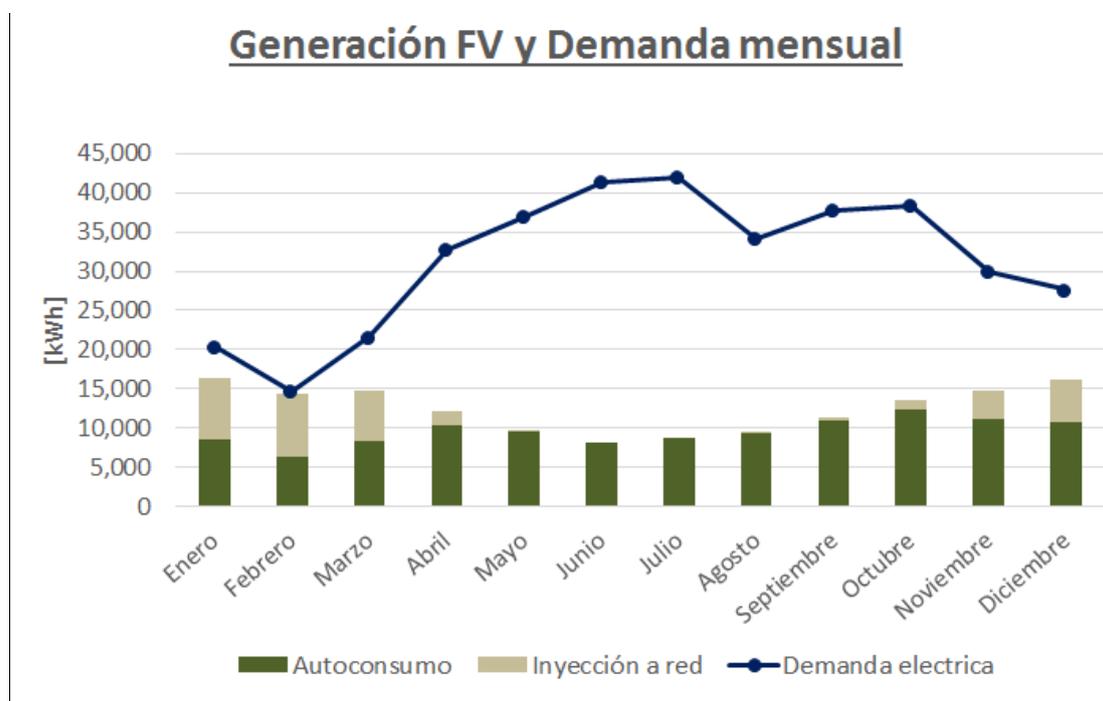


Ilustración 4: Generación FV y demanda mensual.

¹ Costo de 1,22 USD/Wp (costo mínimo) y 1,76 USD/Wp (mediana) para sistemas de 100 kWp según análisis Índice de Precios de sistemas FV conectados a la red de distribución elaborado por la GIZ. Equivalencia monetaria: 1 USD = 658,02 CLP (Banco Central de Chile, 3 de octubre 2016).

| RESULTADOS DE LA CALCULACIÓN ENERGIA | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Ingreso manual | Generación FV | Demanda | Autoconsumo | Consumo desde red | Inyección a red |
| Mes | kWh | kWh | kWh | kWh | kWh |
| Enero | 16,461 | 20,400 | 8,571 | 11,829 | 7,890 |
| Febrero | 14,392 | 14,700 | 6,319 | 8,381 | 8,073 |
| Marzo | 14,849 | 21,600 | 8,362 | 13,238 | 6,487 |
| Abril | 12,240 | 32,700 | 10,420 | 22,280 | 1,820 |
| Mayo | 9,672 | 36,900 | 9,619 | 27,282 | 54 |
| Junio | 8,160 | 41,400 | 8,160 | 33,240 | 0 |
| Julio | 8,711 | 42,000 | 8,711 | 33,289 | 0 |
| Agosto | 9,579 | 34,200 | 9,366 | 24,835 | 214 |
| Septiembre | 11,370 | 37,800 | 11,033 | 26,768 | 338 |
| Octubre | 13,578 | 38,400 | 12,415 | 25,985 | 1,163 |
| Noviembre | 14,730 | 30,000 | 11,096 | 18,904 | 3,634 |
| Diciembre | 16,151 | 27,600 | 10,865 | 16,735 | 5,286 |
| Total | <u>149,893</u> | <u>377,700</u> | <u>114,935</u> | <u>262,765</u> | <u>34,958</u> |

Tabla 4: Resultados del cálculo de energía

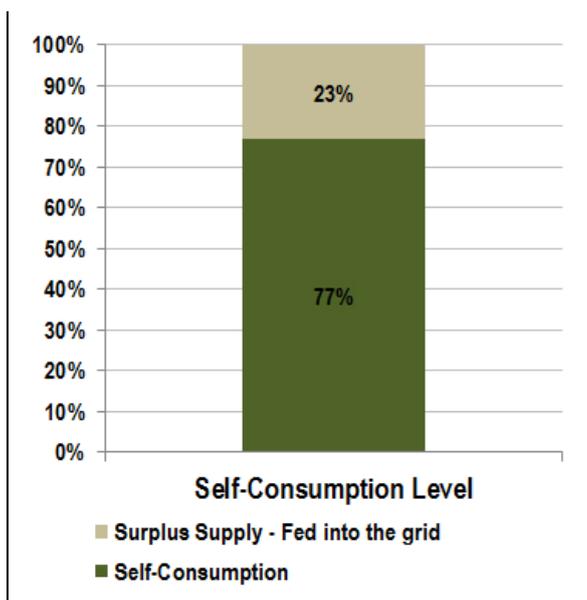


Ilustración 5: Porcentaje de autoconsumo.