



Estudio de Pre factibilidad

Diseño de planta fotovoltaica
Escuela Gabriela Mistral
Tocopilla

Ministerio de Energía

Ministerio de Energía
Agosto de 2015



Programa Techos Solares Públicos
Departamento de Energías Renovables
Ministerio de Energía
Gobierno de Chile

| | | | |
|--|------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Elaborado por: Daniel Menares Schaub | Cargo: Profesional | Firma | Fecha: 24.08.2015 |
| Revisado por: | Cargo: | Firma | Fecha: |
| Aprobado por: | Cargo: | Firma | Fecha: |



Contenido

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN EJECUTIVO | 4 |
| 1. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA | 5 |
| 1.1 ANTECEDENTES GENERALES Y CONTEXTO | 5 |
| 1.2 OBJETIVO | 5 |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 2. INFORMACIÓN UTILIZADA | 6 |
| 3. NORMAS APLICABLES | 6 |
| 4. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO | 7 |
| 4.1 DATOS GENERALES DEL INMUEBLE | 7 |
| 4.2 UBICACIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA..... | 8 |
| 4.3 SUPERFICIE DISPONIBLE, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y RESTRICCIONES..... | 9 |
| 4.4 ASPECTOS DE SEGURIDAD Y ACCESOS | 10 |
| 5. SISTEMA FOTOVOLTAICO | 10 |
| 5.1 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA | 10 |
| EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA FUE REALIZADO USANDO EL SOFTWARE PVSOL 7.5 PREMIUM®, QUE UTILIZA DATOS DE RADIACIÓN DE METEONORM 7® | 10 |
| 5.2 PRODUCCIÓN ESTIMADA DE ENERGÍA Y VERIFICACIÓN DEL CONSUMO INTERNO | 14 |
| 6. SISTEMA ELÉCTRICO | 16 |
| 6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO | 16 |
| 6.2 ESTADO DE TABLEROS Y PUNTO DE CONEXIÓN | 17 |
| 6.3 OBRAS ADICIONALES PUNTO DE INYECCIÓN | 18 |
| 6.5 SISTEMAS DE RESPALDO | 19 |
| 6.6 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CA / CC | 20 |
| 6.7 CANALIZACIÓN CC/CA (SECCIÓN ESTIMADA, DISTANCIAS Y CAÍDAS DE TENSIÓN) | 20 |
| 7. ASPECTOS ECONÓMICOS | 21 |
| 7.1 TARIFA DEL INMUEBLE | 21 |
| 7.1 AHORROS ESTIMADOS | 21 |
| 8. INFORMACIÓN SOBRE LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN | 23 |
| 9. CONCLUSIONES | 24 |



RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe presenta un análisis de pre factibilidad para instalar un sistema solar fotovoltaico en la **Escuela Gabriela Mistral de Tocopilla, Región de Antofagasta**.

Luego de haber realizado el presente estudio de pre factibilidad, podemos considerar que a partir de los datos obtenidos, es factible instalar una planta fotovoltaica, conectada a la red, bajo el esquema de la ley de Generación Distribuida, sus normas y sus procedimientos técnicos; por lo tanto, se recomienda licitar la adquisición, construcción y conexión a la red de distribución de una planta FV de **30kWp**, a través del programa Techo Solares Públicos. A continuación se muestran las características principales del dicho proyecto.

| Potencia [kW] | Producción FV esperada [kWh/año] | Empresa | Tarifa | Costo energía (\$/kWh) (c/IVA) | Ahorro estimado anual [\$ /año] | CO ₂ eq evitado [ton/año] |
|---------------|----------------------------------|---------|--------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 30 | 48.000 | ELECDA | BT3 | 89,69 | 4.300.000 | 37,9 |

A partir de la entrega de este informe a la entidad correspondiente, es necesario que ésta manifieste sus comentarios y/u observaciones, si las tuviera, para preparar las bases administrativas y técnicas, para el llamado a licitación por parte de la Subsecretaría de Energía y contratar la ejecución del proyecto en cuestión.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

1.1 Antecedentes generales y contexto

Los desafíos de Chile en materia energética son disponer de energía es una condición necesaria para el crecimiento, desarrollo económico y avanzar a una mayor inclusión social. Con energía que sea: confiable, sustentable, inclusiva y a precios razonables

Para estos fines, el Gobierno ha elaborado la Agenda de Energía, la cual esgrime líneas de acción a ser implementadas en el corto, mediano y largo plazo, a través de 7 ejes estratégicos. Entre ellos, se considera el Eje 3: Desarrollo de recursos energéticos propios, el cual considera entre sus líneas de acción la promoción del desarrollo de un mercado ERNC de autoconsumo socialmente eficiente transversal a todos los actores económicos. Una de las medidas de esta línea de acción es la Promoción de energía fotovoltaica, la cual se contempla desarrollar a través de 4 iniciativas:

- La implementación de mecanismos de apoyo al financiamiento para la adquisición de sistemas fotovoltaicos dirigidos a la micro y pequeña empresa
- La creación de una unidad especializada de fiscalización de sistemas de autogeneración
- La implementación de sistemas de información para micro y pequeñas empresas y comunidad en general que apoye la evaluación de la viabilidad técnica y económica de aplicaciones fotovoltaica, y
- La implementación del Programa de Techos Solares Públicos (PTSP)

1.2 Objetivo

Contribuir a la maduración del mercado fotovoltaico (FV) para autoconsumo, a través de la implementación de sistemas fotovoltaicos en edificios públicos.

1.3 Objetivos específicos

- Estimular el mercado de soluciones fotovoltaicas a través del fomento de la demanda en edificios públicos.
- Generar información de acceso público y gratuito sobre costos y condiciones de los proyectos PV orientados a autoconsumo en la realidad chilena.
- Evaluar en la práctica las normas y procedimientos en desarrollo para instalaciones PV de autoconsumo.

- Contribuir a disminuir costos en edificios públicos.

2. Información utilizada

A continuación se listan los documentos utilizados para la confección de este informe, la cual también puede ser entregada al adjudicatario de la licitación para la mejor ejecución del proyecto.

| Información utilizada | | | |
|--|--|------------------------|---------------------|
| Ficha básica | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | | |
| Facturas y/o boletas de consumo eléctrico | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | | |
| Visita técnica | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | Fecha de visita | 15 de julio de 2015 |
| Declaración TE1 | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| Otros documentos | | | |

| Planos | | | |
|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| | Digital (CAD) | No digital | Observación |
| Planos Eléctricos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Planos de cubierta | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Esquema referencial |
| Planos de estructura | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

3. Normas aplicables

La normativa aplicada en esta memoria de cálculo corresponde a la utilizada por la industria fotovoltaica internacional y la regulación y normas eléctricas Chilena para baja y media tensión. Las normas consultadas fueron:

- Instructivo diseño y ejecución de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, RGR N° 01/2014 y RGR N° 02/2014.
- Decreto Supremo No 327, del Ministerio de Minería, de 1997: Reglamento de la ley General de Servicios eléctricos y sus modificaciones posteriores.
- Instrucciones y Resoluciones de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), contenidas en sus normas técnicas y otros documentos oficiales.
- Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, y Norma Chilena Eléctrica 4/2003

para Instalaciones de consumo en baja tensión.

e) Norma sísmica ENDESA, ETG 1.020

f) Materiales a utilizar para construcción de estructuras de soporte, en general normas del Instituto Nacional de Normalización (INN)

4. Información general del proyecto

4.1 Datos generales del inmueble

A continuación se encuentran los datos generales del inmueble.

| DATOS DEL INMUEBLE | | | |
|-----------------------------|--|------------|-----------|
| Identificación del Inmueble | ESCUELA GABRIELA MISTRAL , D-137 | | |
| Cantidad de pisos | 3 | Antigüedad | 15 años |
| Reformas previstas | Recambio de cubierta (en ejecución) | | |
| Dirección | GUILLERMO MATTA S/N | | |
| Región | Antofagasta | Comuna | Tocopilla |
| Tipo de zona | <input checked="" type="checkbox"/> Costera <input type="checkbox"/> Valle <input type="checkbox"/> Cordillera | | |



Ilustración 1 - Fachada del edificio

Las coordenadas con 22° 5'37.33"S, 70°11'48.61"O



Ilustración 2 - Ubicación del edificio por Google Earth

4.2 Ubicación de la planta fotovoltaica

El presente informe de pre factibilidad, considera aprovechar la o las cubiertas de la edificación que sean más favorables para la instalación de una planta FV y una óptima producción de Energía eléctrica (kWh). En la siguiente ilustración se muestra la zona seleccionada que reúne estas condiciones, para la materialización del proyecto.

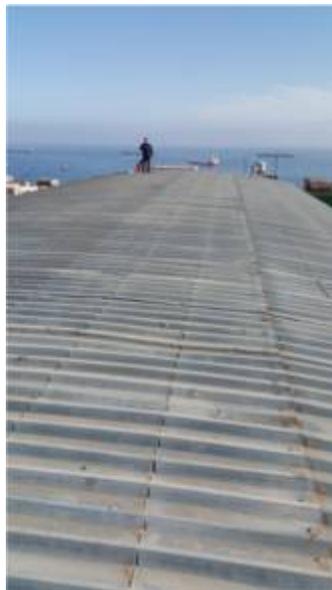


Ilustración 3 - Planta de cubierta del edificio seleccionado

4.3 Superficie disponible, características generales y restricciones

Considerando las características propias constructivas de cada edificio, es necesario implementar una solución, acorde a cada situación tomando en cuenta factores principalmente constructivos y de orientación geográfica. A continuación se señalan las principales características constructivas de la superficie seleccionada.

| SUPERFICIE DISPONIBLE | | | |
|--|--|------------------------|--|
| Lugar seleccionado | Cubierta de las salas del 2do piso | | |
| Orientación | Noreste | Inclinación | 10° |
| Elementos por relocalizar: | No | | |
| Área bruta disponible [m²] | 550 | N° de cubiertas | 1 |
| Material de la cubierta | Zinc, chapa trapezoidal | Antigüedad | 15 años |
| Material de la estructura | Vigas Metálicas | Antigüedad | 15 años |
| ¿Deterioro? | Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | ¿Filtraciones? | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> |
| Tipo de deterioro | N.A. | | |
| Lugar filtraciones | N.A. | | |
| Existe un acceso al entretecho | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> | | |

4.4 Aspectos de seguridad y accesos.

A continuación se describen las formas de acceso y tránsito actual, así como también las medidas mínimas de seguridad necesarias para desarrollar las labores de instalación y mantenimiento post entrega de la instalación de los sistemas fotovoltaicos.

| ACCESO Y TRANSITO ACTUAL | |
|--|--|
| Forma de acceso | Con escalera externa por el costado de la cubierta |
| Forma de tránsito | Libre (recomendado cuerda de vida) por la cumbrera del techo |
| ¿Es posible el tránsito para una visita a terreno con empresas? | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No Necesario <input type="checkbox"/> |
| Observación | Se debe contar con una escalera adecuada para subir al techo |

Los siguientes elementos mencionados se deberán considerar dentro del proyecto a licitar, para garantizar la seguridad durante las labores de instalación y mantenimiento.

| MEDIDAS DE SEGURIDAD A IMPLEMENTAR | | |
|---|--|-------------------------------------|
| Soporte para líneas de vida | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | A lo largo del campo fotovoltaico |
| Barandas | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | Lugar: Lado sur del pasillo técnico |
| Piso técnico (pasarelas metálicas) | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | A lo largo del campo fotovoltaico |
| Escalera tipo gatera | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | Costado poniente del edificio |
| ¿Otras medidas? | | |

5. Sistema fotovoltaico

5.1 Dimensionamiento del sistema

El dimensionamiento de la planta fue realizado usando el software PVSol 7.5 Premium®, que utiliza datos de radiación de Meteonorm 7®.

5.1.1 Módulos

Según las bases de licitación todos los módulos serán nuevos del mismo tipo y modelo. Se podrán utilizar aquellos de tipo monocristalino, policristalino o de capa delgada. Los módulos a utilizar deben estar autorizados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) para ser utilizado en instalaciones de generación eléctrica que se conecten a las redes de distribución eléctrica, conforme a lo establecido en el reglamento de la Ley 20.571. Información sobre los módulos autorizados por la SEC se encuentra disponible en la página de la Superintendencia: www.sec.cl. Este tipo de

tecnología está clasificada como del tipo **Energía Renovables No convencionales (ERNC)**, ya que su recurso primario es inagotable como es el sol además tienen la particularidad de ser una tecnología **sustentable**, ya que la producción de Energía (kWh), no emite gases de efecto invernadero, que afecta el medio ambiente.

El principio de funcionamiento de éste tipo de generación, se basa en un proceso químico que transforma aquella radiación solar en energía eléctrica, donde se obtiene corriente continua (DC). No obstante lo anterior, lo que realmente se necesita es **corriente alterna (AC)**, por lo que es necesario incorporar un equipo electrónico llamado inversor. Este equipo realiza dicha transformación, logrando adecuar la energía producida, en función de las variables eléctricas de **Voltaje 220V AC** y **Frecuencia 50 Hz**, dentro de los rangos establecidos por la SEC, para asegurar la **calidad y seguridad** del suministro eléctrico.



Ilustración 4 - Módulo Fotovoltaico Tipo, Potencia de 250 W, dimensión de 1,6m x 1m, peso 15Kg aprox.

Adicionalmente a los requisitos constructivos y de seguridad que describe la normativa vigente, los módulos fotovoltaicos ofertados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Garantía de potencia de salida, al año 25 después de la puesta en operación, igual o superior al 80% de la potencia máxima del módulo.
- Garantía de fabricación de al menos 10 años.
- Tolerancia a la potencia igual o mayor a cero.

5.1.2 *Inversor*

De acuerdo a las bases de licitación, como equipo electrónico necesario para inyectar la energía generada por la instalación fotovoltaica a la red, se considera uno o varios inversores, los cuales deben ser nuevos y estar autorizados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para tales efectos. La información sobre los inversores autorizados por la SEC se encuentra disponible en la página de la Superintendencia: www.sec.cl.

La siguiente figura muestra un equipo inversor, sus protecciones y canalización a modo de ejemplo referencial.



Ilustración 5 -Típico montaje de un inversor

Adicionalmente a los requisitos constructivos y de seguridad que describe la normativa vigente, el o los inversores ofertados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Poseer un grado IP compatible con el lugar de instalación del inversor
- Rendimiento máximo, según su ficha técnica (datasheet), mayor o igual a 95%.
- Garantía de fabricación de, al menos, 5 años.
- El inversor debe tener servicio técnico en Chile.

Considerando las características del edificio identificadas en la visita a terreno, a continuación se sugiere su ubicación y sus principales características a ser requeridas en la licitación.

| LUGAR Y CARACTERISTICAS DEL INVERSOR | |
|--------------------------------------|---|
| Ubicación | Adosado al muro al costado sur, entrando por la puerta de acceso del 3er piso, donde también estará la gatera |
| IP | IP65(exterior) <input checked="" type="checkbox"/> IP54(interior) <input type="checkbox"/> |
| Complemento adicional | Armario metálico de protección <input type="checkbox"/> Otro: |
| N° de MPPT | 1 |
| Internet | Wifi <input type="checkbox"/> Ethernet <input checked="" type="checkbox"/> |
| Observaciones | Instalar fuera del alcance de los niños y no expuesto al sol directo |

5.1.3 Estructura de soporte

La estructura de soporte de los módulos fotovoltaicos debe ser de aluminio, la cual debe cumplir funciones mecánicas tanto para la inclinación del conjunto de módulos fotovoltaicos que se instalarán como estructura de soporte y anclaje del campo fotovoltaico a la superficie seleccionada.

La siguiente figura muestra un esquema de estructura de montaje:



Ilustración 6 – Estructura de anclaje típica para módulos fotovoltaicos

De acuerdo a las bases de la licitación las estructuras utilizadas para soportar los módulos fotovoltaicos además deberán cumplir con los siguientes requisitos, sin perjuicio que deberán satisfacer la normativa vigente en Chile, haciendo especial mención a la normativa que afecta a la edificación y diseño estructural para los efectos de viento, nieve y sismo, así como también la normativa dispuesta por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles:

- Garantía de fabricación de, al menos, 5 años. Esta garantía debe ser proporcionada por el adjudicatario y debe ser válida para la localización concreta de la instalación fotovoltaica y el sistema de anclaje adecuado a las características constructivas del techo a intervenir.
- El sistema de fijación de la estructura de soporte a la superficie existente (losa, techo u otro) debe ser tal que no produzca daños ni filtraciones. Para verificar lo anterior la inspección de obra podrá exigir que se realice pruebas para verificar la impermeabilización de la cubierta.
- La estructura seleccionada debe permitir la limpieza de la cubierta y debe evitar interrumpir las pendientes de desagüe de la cubierta o generar de cualquier forma zonas de agua estancada.
- El peso total de la estructura por metro cuadrado de superficie, incluidos los módulos fotovoltaicos, no debe exceder el máximo permitido por la estructura, según norma vigente. De igual forma se debe considerar las distintas cargas que puedan afectar a la instalación como pueden ser el viento y la nieve según la normativa vigente.
- Si el proyecto fotovoltaico a instalar es mayor a 30kwp la estructura de soporte deberá

contener una memoria de cálculo.

ESTRUCTURA DE SOPORTE SISTEMA FV

| | | | |
|--|--|-------------------------------------|-----|
| ¿Es posible perforar la superficie? | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | | |
| Sistema de fijación | Lastre <input type="checkbox"/> A cerchas o costanera <input checked="" type="checkbox"/> Otro: | | |
| Inclinación | Paralelos <input checked="" type="checkbox"/> | Inclinados <input type="checkbox"/> | 10° |
| Orientación | Noreste | | |

5.1.4 Sombras

En el área seleccionada donde se instalará el sistema fotovoltaico en cuestión, no deben existir sombras que puedan afectar la radiación incidente, en el campo fotovoltaico. Este es uno de los factores preponderante en el diseño de éste tipo de sistema de generación, ya que el efecto de sombras sobre un módulo o parte de su conjunto (string), podrían afectar la integridad de estos, dañándolos y produciendo la desconexión del SFV. Además el efecto sombra reduce considerablemente la producción de Energía eléctrica que fue estimada en el estudio de generación proyectada.

A continuación se señalan las sombras identificadas a tener en cuenta durante el diseño de ingeniería de detalle, posterior a la adjudicación.

SOMBRAS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DEL SISTEMA FV

| | |
|-----------------|---------|
| Internas | Ninguna |
| Externas | Ninguna |

5.2 Producción estimada de energía y verificación del consumo interno

5.2.1 Verificación del consumo interno

Se simuló la capacidad de generación de energía del Sistema Fotovoltaico, (SFV), luego de realizado el estudio de generación correspondiente con el software de simulación (PVsol Premium®), incorporando los antecedentes de demanda (consumos) anual del edificio, para contrastar este consumo con la producción eléctrica, para asegurar el principio de autoconsumo de la energía en el edificio, determinando así la capacidad de la planta fotovoltaica para **autoconsumo**.

Es necesario mencionar que el espíritu de la Ley de Generación Distribuida N° 20.571, se basa en el derecho que tienen los Clientes Regulados de poder generar su propia energía, y eventualmente inyectar los excedentes, lo cual fomenta principalmente el autoconsumo.

En términos de beneficios para el cliente, se disminuirán los retiros de energía que antes provenían 100% desde la red de la compañía distribuidora y que ahora una fracción será proveniente de este proyecto de generación SFV, donde habrá un ahorro económico que se verá reflejado en términos monetarios en la factura de energía eléctrica mensual. A continuación se mencionan la energía anual del edificio y la equivalencia en potencia de un sistema fotovoltaico diseñado para el autoconsumo.

| | Cantidad | Unidad |
|--|----------|---------|
| Consumo de energía anual del edificio | 48.000 | kWh/año |
| Sistema fotovoltaico máximo para el autoconsumo | 30 | [kW] |

NOTA: El autoconsumo está limitado por el consumo, y no por la superficie.

5.2.2 Producción estimada de energía (simulación)

De acuerdo a lo diseñado en PVSol Premium 7.5[®] se propone que el sistema a instalar tenga las siguientes características.

| DIMENSIONAMIENTO SFV AJUSTADA A AUTOCONSUMO | Cantidad | Unidad |
|--|----------|---------|
| Capacidad de planta F.V Simulada | 30 | kWp |
| Cantidad de módulos a instalar app | 120 | Uds. |
| Generación anual específica estimada | 1600 | kWh/kWp |
| Producción anual esperada | 48.000 | kWh/año |
| Coefficiente de rendimiento de la instalación | 79 | % |
| Reducción de rendimiento por sombreado | 2 | %/año |
| Emisiones de CO2 evitadas | 37,8 | Kg/año |

Estos valores son considerando una pérdida por cableado de 4,5% y una pérdida por ensuciamiento del 5%.

A continuación se muestra un *layout* referencial de la planta FV sobre el techo seleccionado:

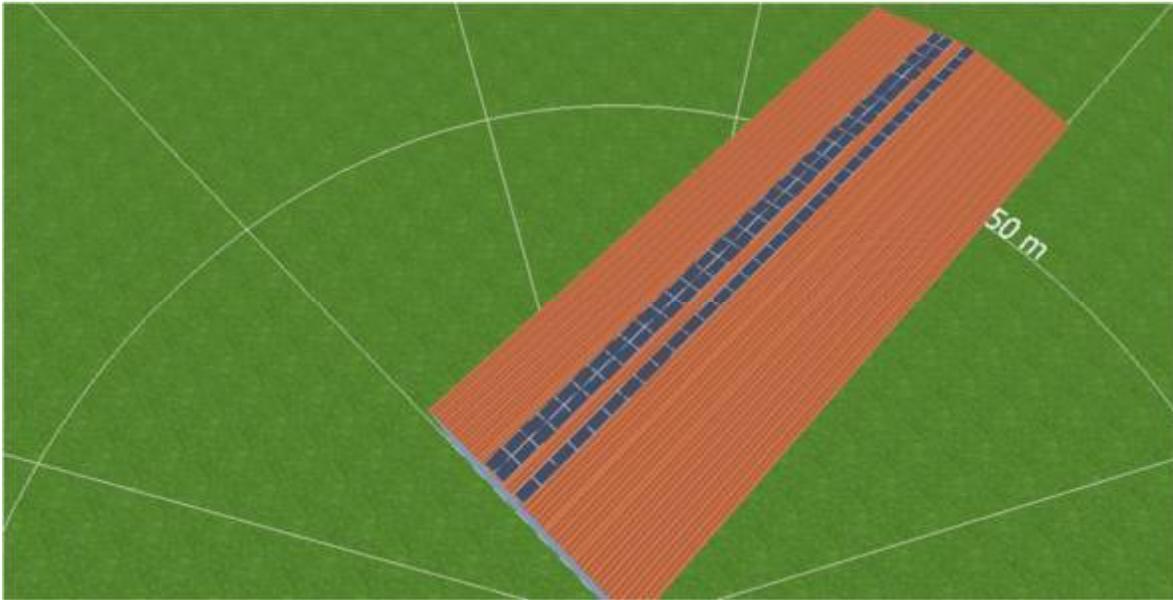


Ilustración 7 – Vista simulación orientación

6. Sistema eléctrico

6.1 Descripción del sistema eléctrico

El edificio cuenta con un suministro eléctrico con las siguientes características.

| | | | |
|------------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| EMPALME | | | |
| Potencia instalada | 57 KVA | Tarifa | BT 3 |
| Energía Anual [kWh/año] app | 48.000 | | |
| Acometida | Embutido <input type="checkbox"/> | Aérea <input checked="" type="checkbox"/> | Subterránea <input type="checkbox"/> |
| Tipo de conexión | Monofásica <input type="checkbox"/> | Trifásica <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Protección general [A] | 100 | | |
| Ubicación | En el poste afuera del colegio | | |
| Sufre cortes de energía | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> | | |

6.2 Estado de tableros y Punto de conexión

Durante la visita a terreno se identificaron las principales características del sistema eléctrico del inmueble, se revisaron el estado de los tableros eléctricos y se seleccionó el punto de inyección más apropiado. En relación al punto de inyección, que se refiere principalmente al tablero seleccionado para la inyección de energía desde el SFV a la instalación eléctrica del edificio, el cual fue sugerido bajo aspectos técnicos y normativos. A continuación se muestran los resultados obtenidos durante la visita a terreno y posterior análisis.

PUNTO DE INYECCIÓN ELEGIDO: **Tablero General**

| | |
|-------------------------------|--|
| Identificación tablero | Tablero General |
| Tablero | Existente <input type="checkbox"/> Nuevo/Auxiliar <input checked="" type="checkbox"/> |
| Observaciones | Modificar el tablero existente de acuerdo a la normativa vigente, albergando además las protecciones del SFV |

Información adicional

TABLERO GENERAL

| | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----|--------------------------|--|---------------------------|--|
| Identificación tablero | Tablero General | | | | | |
| Ubicación | En el pasillo de entrada del colegio | | | | | |
| Protección cabecera [A] | de | 100 | Espacio barras en | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> | Espacio módulos en | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> |



Ilustración 8 – Interior tablero

6.3 Inspección al punto de inyección

Durante la visita a terreno, se inspeccionó el punto de inyección, y se identificaron algunos aspectos que deben ser corregidos (obras adicionales) para garantizar la adecuada inyección de energía al sistema eléctrico existente

| ASPECTOS VERIFICADOS | Cumple | Observaciones |
|---|---|---|
| Tableros cumplen con el volumen de espacio libre de 25% para proveer de ampliaciones; (punto 6.2.1.8 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | |
| Los Alimentadores y Subalimentadores cumplen con el dimensionamiento y canalización adecuada; (Puntos 8.2.0 y 7.1.2.1 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | |
| Los conductores de los circuitos quedan protegidos por la capacidad del disyuntor; (Puntos 8.1.1.1 y 11.0.4.2 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | |
| Los circuitos que contienen enchufes disponen de protección diferencial; (Punto 11.2.12 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Tableros cuentan con cubierta cubre equipo, puerta exterior y terminales; (Puntos 6.2.1.3 y 6.2.2.6 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | |
| Tableros cuentan con barras de distribución las cuales tienen disponibilidad y están bien dimensionadas, (puntos 6.2.2.2 y 6.2.2.5 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | Ampliar barras para conectar la planta fotovoltaica |
| Partes metálicas de la instalación se encuentran protegidos contra tensiones peligrosas. (Puntos 6.2.4.2 y 10.2.1 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | |
| Tableros están rotulados y cuentan con luces piloto, (puntos 5.4.2.9 y 6.2.2.8 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | No está rotulado |
| Existe continuidad de conductores de protección (Puntos 10.2.2 y 10.2.3 de la Norma NCH ELEC. 4/2003). | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | |
| Otros: | | |

6.4 Sistema de puesta a tierra

El SFV utiliza el sistema de puesta a tierra existente del inmueble, por lo cual el SFV deberá contar con un conductor de características tales que interconecte principalmente elementos metálicos (cubierta del edificio, estructura de anclaje de la planta fotovoltaica) a través de una unión equipotencial, la cual evitará que se produzcan tensiones peligrosas en cualquier parte del sistema. Por lo tanto se deberá considerar realizar dicha interconexión con el sistema de puesta a tierra existente en el edificio. La siguiente tabla muestra el resultado de lo observado durante la visita a terreno.

| ASPECTOS VERIFICADOS SPT | Cumple | Observaciones |
|---|---|------------------|
| Existe Puesta a Tierra de acuerdo a la norma.(máximo 20 ohm); (Puntos 9.2.7.3, 9.2.7.4 y 10.2.4 de la Norma NCH ELEC. 4/2003) | Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> | 1,77 [Ω] medidos |
| Obras adicionales | | |

6.5 Sistemas de respaldo

Si es que existe un Grupo electrógeno (G.E) es necesario implementar un sistema que evite que la planta fotovoltaica pueda funcionar en paralelo con el G.E. A continuación se muestran las características del grupo electrógeno del inmueble.

| GRUPO ELECTRÓGENO | | | | | |
|--|-----------------------------|--|------------------------|----------------|-----------------------------|
| Existe grupo electrógeno | Sí <input type="checkbox"/> | No <input checked="" type="checkbox"/> | Capacidad [kVA] | Nominal | |
| Ubicación | | | | | |
| Cargas alimentadas | | | | | |
| Distancia al pto de inyección [m] | | | | | |
| Se puede tomar muestra | Sí <input type="checkbox"/> | | | | No <input type="checkbox"/> |

El tablero alimentado, no está alimentado un grupo electrógeno.

6.6 Sistemas de protección CA / CC.

Si el punto de inyección cumple con el espacio en barras y módulos, se puede incorporar un sistema de protecciones al interior del tablero elegido como punto de inyección. En caso que no cumpla estos requisitos, se instalará un tablero auxiliar exclusivo del sistema FV. En cualquier caso las obras se llevarán a cabo de acuerdo a lo instruido en el reglamento de diseño y ejecución de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red RG N° 02/2014.

| UBICACIÓN SISTEMA DE PROTECCIÓN | | |
|---------------------------------|------------------------------------|--|
| Tablero | Existente <input type="checkbox"/> | Nuevo/Auxiliar <input checked="" type="checkbox"/> |

Para las instalaciones fotovoltaicas, en general deben cumplir con el punto 13 del RGR N°2 de la SEC.

En el lado **de corriente alterna CA** el sistema de protecciones se compone principalmente de interruptores termomagnético y diferenciales, que operan en caso de fallas de sobrecarga y cortocircuito, donde se incluye una protección contra contactos directos o indirectos, el cual protege exclusivamente la integridad de las personas.

En tanto el lado de **corriente continua CC**, deberá cumplir la función de proteger el campo fotovoltaico en su integridad a través de un interruptor RI y aguas arriba se conectarán fusibles los cuales deberán operar en caso de producirse una falla de sobrecargas.

En conclusión los sistemas de protección descritos siempre deberán operar en caso de cualquier tipo de falla, desconectado la planta fotovoltaica, de esta forma, lograr en su integridad confiabilidad para el sistema eléctrico.

6.7 Canalización CC/CA (sección estimada, distancias y caídas de tensión)

Teniendo en consideración la ubicación propuesta del inversor y del punto de conexión es que se realizarán las siguientes canalizaciones

| | |
|---------------------------------|--|
| CANALIZACIONES CC | |
| Trayecto CC | Sobre la cubierta y al costado del muro aledaño |
| Distancia aproximada (m) | Máximo 40 mts, desde el <i>string</i> más lejano |

La **caída de tensión aceptada en las canalizaciones de CC no deba superar 1,5% del voltaje nominal**. Las canalizaciones serán según lo indicado en la Normativa RG2 SEC,

que exige considerar dos ductos uno para el conductor de polo positivo (+) y otro para el conductor de polo negativo (-), ambos conductores deberán ser dimensionados adecuadamente según la tensión (Voltaje) correspondiente para su aislación, y su sección considerando la corriente máxima que es capaz de soportar (Amperes).

| CANALIZACIONES CA | |
|---------------------------------|--|
| Trayecto CA | Adosado al muro aledaño y por su parte posterior, hasta el Tablero General |
| Distancia aproximada (m) | 30 mts |

La **caída de tensión aceptada en las canalizaciones de CA no deberá superar 3% del Voltaje Nominal**. Estos conductores serán dimensionados al igual que los en el lado CC contemplando las normativas vigentes.

7. Aspectos económicos

7.1 Tarifa del inmueble

Según la información proporcionada el inmueble cuenta con la siguiente información respecto a su consumo de energía.

| Distribuidora | Tarifa | Costo energía (\$/kWh) (c/IVA) |
|---------------|--------|--------------------------------|
| ELECDA | BT3 | 89,69 |

7.1 Ahorros estimados

En relación a la producción de energía anual kWh/año estimada, de la planta fotovoltaica para ser auto consumido, los datos obtenidos de la generación anual específica fueron los siguientes:

| Potencia a instalar [kW] | Producción FV esperada [kWh] | Ahorro estimado anual [\$/año] iva inc. |
|--------------------------|------------------------------|---|
| 30 | 48.000 | 4.300.000 |

Adicionalmente, con los datos de factores de emisión promedio del sistema de interconectado del SING y SIC, se puede estimar las toneladas de CO₂eq que se pueden evitar al implementar este proyecto solar fotovoltaico. A continuación se muestran los factores de emisión para ambos sistemas, y los resultados.

| Reporte de emisión | SING | SIC |
|--|-------|-------|
| Promedio 2014 [tCO ₂ eq/MWh] | 0.790 | 0.360 |

Fuente: huelladecarbono.minenergia.cl

Por lo tanto, las ton/año de CO₂ equivalente evitado que tendría el proyecto sería de:

| CO ₂ eq evitado [ton/año] |
|--------------------------------------|
| 37,9 |

7.2 Estimación de los costos del proyecto a licitar

Considerando la adjudicación de las últimas licitaciones, las cuales se presentan a continuación, se ha calculado una aproximación del costo total del proyecto, el cual se muestra a continuación.

| | < 10 [kW] | Entre 10 y 30 [kW] | > 30[kW] |
|--|-----------|--------------------|----------|
| Adjudicación licitaciones anteriores [USD/W] (s/IVA) | 3,75 | 2,43 | 1,75 |

| Estimación Costo Total del proyecto [USD](s/IVA) |
|--|
| 52.500,00 |

7.3 Estimación de los costos de mantenimiento

Los sistemas fotovoltaicos (SFV) tienen una necesidad menor de mantenimiento comparado a otros sistemas generadores de electricidad. Aun así el mantenimiento es una parte trascendental al proyectar los costos de un sistema fotovoltaico

La licitación del sistema fotovoltaico dentro del programa techos solares públicos incluye una garantía de operación de la planta por 1 año, además de las garantías mencionadas por los equipos. Asimismo la empresa adjudicada deberá realizar una

capacitación sobre operación y mantenimiento al personal de la administración del edificio.

Valorización de la limpieza:

Se puede asumir que solo la limpieza de módulos mantendrá el rendimiento esperado de los sistemas, si esto no se realiza, el rendimiento cae entre un 5 y 10%.

Teniendo en cuenta los ahorros anuales por la producción de energía, se estima la limpieza de estos como el 8%, ambos resultados se muestran a continuación.

| Ahorro estimado anual [\$/año] | Valorización de la limpieza[\$/año] |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 4.300.000.- | 344.000.- |

Costo contratación mantenimiento anual:

En general se puede asumir un costo del mantenimiento externalizado de aproximadamente 1,5% de la inversión total del SFV. Esto consiste en una inspección eléctrica detallada anual.

| Estimación Costo Total del proyecto [USD] | Costo aproximado de Mantenimiento anual [USD] |
|---|---|
| 52.500,00 | 787,50 |

8. Información sobre la ejecución de la instalación

A continuación se señalan las principales características del lugar para tener en cuenta durante la ejecución del proyecto. Cabe señalar que mientras más facilidades se le den a la empresa que se adjudique la licitación, menos tiempo esta necesitara para realizar los trabajos.

| Horarios | Lunes a Viernes | Sábado | Domingo |
|------------------------------------|-------------------|--------|---------|
| Trabajo de Obra en el Techo | 8:00-19:00 | | |
| Ingreso de materiales | 8:00-19:00 | | |

| | |
|---|--|
| Logística | |
| Lugar disponible para almacenar materiales | Si, en la multicancha |
| Acceso con vehículos | Si |
| Existe un espacio físico para instalación de oficina | Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Pero se puede usar una sala como oficina temporal |
| Se pueden ocupar los baños del inmueble | Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| Tiempo de Instalación estimado[semanas] | 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> |
| Conexión junto con la distribuidora | 4 semanas posterior a la instalación |
| Otros | |

A continuación se muestra la información que se posee del inmueble que pueden ser entregados al adjudicatario de la licitación, para facilitar los trabajos de instalación.

| Planos as-built | | | |
|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| | Digital (CAD) | No digital | Observación |
| Planos Eléctricos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Planos de cubierta | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Un esquema referencial |
| Planos de estructura | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

9. Conclusiones

Luego de haber realizado el presente estudio de pre factibilidad técnico económico, podemos considerar que a partir de los datos obtenidos, es factible instalar una **planta fotovoltaica de 30 [kW]**, conectada a la red, por lo tanto se recomienda licitación a través del programa Techo Solares Públicos.

| Potencia [kW] | Producción FV esperada [kWh/año] | Empresa | Tarifa | Costo energía (\$/kWh) (c/IVA) | Ahorro estimado anual [\$ /año] | CO ₂ eq evitado [ton/año] |
|---------------|----------------------------------|---------|--------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 30 | 48.000 | ELECDA | BT3 | 89,69 | 4.300.000 | 37,9 |

A partir de la entrega de este informe a la entidad correspondiente es necesario que esta manifieste observaciones, si las tuviera, para preparar las bases administrativas y técnicas para el llamado a licitación por parte de la Subsecretaría de Energía, para contratar la ejecución del proyecto en cuestión.



ANEXO N° 9
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO

PROYECTO

1.- Especificaciones.

| | |
|--------------------------------|--|
| Código Proyecto | PSTP-2015-00X |
| Identificación del edificio | ESCUELA GABRIELA MISTRAL , D-137 |
| Identificación del propietario | ILUSTRE MUNICIPALIDAD TOCOPILLA |
| Ubicación del edificio | GUILLERMO MATTA S/N |
| Capacidad a Instalar mínima | 30 kWp |
| Área disponible | Ver en el esquema |
| Instalación del equipamiento | <ul style="list-style-type: none">• Lugar de instalación del generador fotovoltaico: Sobre cubierta de las salas del 3er piso• Lugar de instalación del inversor: adosado al muro aledaño a la puerta de acceso donde estará la gatera, en el 3er piso.• Punto de conexión sugerido: Tablero General |

| | |
|--|---|
| Estructura | <ul style="list-style-type: none"> • Orientación: Noreste • Inclinación: Paralelo a cubierta (10° app), semi-curvo • Sistema de fijación: Soporte adosado a vigas metálicas |
| Medidas de seguridad | <ul style="list-style-type: none"> • Se debe instalar un piso técnico por el perímetro de la planta fotovoltaica y sus subdivisiones que permita la mantención de la instalación. • Baranda en el lado sur del piso técnico. • Se deben instalar soportes para cuerdas de vida que permita la mantención de la instalación. • Gatera para el acceso al techo. |
| Canalizaciones | <ul style="list-style-type: none"> • Distancia aproximadas entre el campo fotovoltaico y lugar de instalación del inversor: 30 [mts], el inversor se recomienda en el muro cercano al acceso del 3er piso. • Distancias aproximadas entre el lugar de instalación del inversor y punto de conexión: Hasta el Tablero General del 1er piso, 30 [mts] (canalización por el exterior del edificio) • CC: Según Instructivo Técnico RGR N°02/2014. • CA: Según Norma 4/2003 |
| Obras o requerimientos adicionales | <ul style="list-style-type: none"> • El o los inversores propuestos deben ser trifásicos y en su conjunto deben tener, a lo menos, 1 entrada de MPPT. • Instalar un Tablero Auxiliar que reemplace el existente, y albergue las protecciones del SFV. |
| Información adicional | <ul style="list-style-type: none"> • Instalar todo fuera del alcance de los niños |
| Horario de trabajo de obra en el techo | Será informada mediante aclaración en portal Chilecompras |
| Horario ingreso de materiales | Será informada mediante aclaración en portal Chilecompras |

| | |
|--|---|
| Lugar disponible para almacenar materiales de obra*: | Será informada mediante aclaración en portal Chilecompras |
| Acceso con vehículos: | Será informada mediante aclaración en portal Chilecompras |
| Visita a terreno | Será informada mediante aclaración en portal Chilecompras |

2.- Información sobre la respuesta a la solicitud de conexión

Será publicada en Mercado Publico

3.- Esquema de techumbre



Ilustración Cubierta



Ilustración cubierta

4.- Diseño de referencia

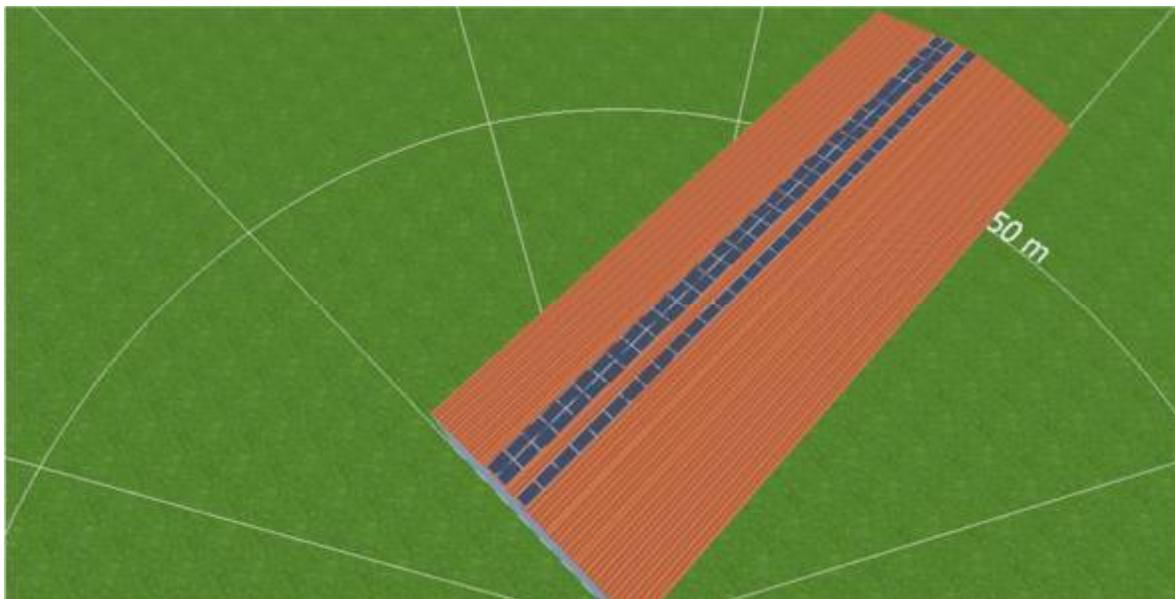


Ilustración Simulación PV Sol

5.- Punto de conexión

