



Estudio de Pre factibilidad

Diseño de planta fotovoltaica
Hospital Barros Luco
Santiago

Ministerio de Energía

Ministerio de Energía
Septiembre 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: Sept 2015
Revisado por: Guillermo Soto Olea	Cargo: Jefe Programa	Firma	Fecha: Sept 2015
Aprobado por: Guillermo Soto Olea	Cargo: Jefe Programa	Firma	Fecha: Sept 2015



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	<u>109</u>
4.4 ASPECTOS DE SEGURIDAD Y ACCESOS	10
5. SISTEMA FOTOVOLTAICO	1140
5.1 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	<u>1140</u>
EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA FUE REALIZADO USANDO EL SOFTWARE PVSOL 7.5 PREMIUM®, QUE UTILIZA DATOS DE RADIACIÓN DE METEONORM 7®	<u>1140</u>
5.2 PRODUCCIÓN ESTIMADA DE ENERGÍA Y VERIFICACIÓN DEL CONSUMO INTERNO	<u>1544</u>
6. SISTEMA ELÉCTRICO	1746
6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	<u>1746</u>
6.2 ESTADO DE TABLEROS Y PUNTO DE CONEXIÓN	<u>1846</u>
6.3 OBRAS ADICIONALES PUNTO DE INYECCIÓN	<u>1948</u>
6.5 SISTEMAS DE RESPALDO	<u>2049</u>
6.6 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CA / CC	<u>2120</u>
6.7 CANALIZACIÓN CC/CA (SECCIÓN ESTIMADA, DISTANCIAS Y CAÍDAS DE TENSIÓN)	<u>2120</u>
7. ASPECTOS ECONÓMICOS	2224
7.1 TARIFA DEL INMUEBLE	<u>2224</u>
7.1 AHORROS ESTIMADOS	<u>2224</u>
8. INFORMACIÓN SOBRE LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN	2423
9. CONCLUSIONES	2524

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe presenta un análisis de pre factibilidad para instalar un sistema solar fotovoltaico en el **Hospital Barros Luco de Santiago, Región Metropolitana**.

Luego de haber realizado el presente estudio de pre factibilidad, se puede 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 fotovoltaica (PFV) de **100 [kWp]**, a través del programa Techo Solares Públicos. A continuación se muestran las características principales del dicho proyecto.

Potencia [kWp]	Producción FV esperada [kWh/año]	Empresa	Tarifa	Costo energía (\$/kWh) (c/IVA)	Ahorro estimado anual [\$/año]	CO ₂ eq evitado [ton/año]
100	147.900	CHILECTRA	AT4.3	66,895	9.893.770.-	53,24

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	03 de septiembre de 2015
Declaración TE1	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Otros documentos	Reporte curvas y usos de la Energía Hospital Barros Luco Trudeau cod. PEEEP R.0750		

Planos			
	Digital (CAD)	No digital	Observación
Planos Eléctricos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solicitados
Planos de cubierta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solicitados
Planos de estructura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solicitados

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:

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

d) 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	Edificio CDT, Hospital Barros Luco		
Cantidad de pisos	4	Antigüedad	10 años
Reformas previstas	No		
Dirección	Gran Avenida Jose Miguel Carrera 3204, Santiago		
Región	Metropolitana	Comuna	San Miguel
Tipo de zona	<input type="checkbox"/> Costera <input checked="" type="checkbox"/> Valle <input type="checkbox"/> Cordillera		



Ilustración 1 - Fachada del edificio

Las coordenadas del edificio individualizado son $-33^{\circ}29'07.3''$, $-70^{\circ}38'40.1''$



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

En general, se observa una cubierta en buenas condiciones sin deterioros evidentes y pocos equipos y/o componentes que generen sombras importantes en la superficie. La estructura de soporte de la cubierta es metálica donde fue posible observar vigas y costaneras recubiertas con un material aislante, tal como se muestra en la siguiente figura.



Ilustración 4 - 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	4 cubiertas del edificio CDT		
Orientación	Noreste	Inclinación	5° E/O
Elementos por relocalizar:	No		
Área bruta disponible [m²]	1700	N° de cubiertas	4
Material de la cubierta	Zinc, chapa trapezoidal	Antigüedad	10 años
Material de la estructura	Vigas Metálicas	Antigüedad	10 años
¿Deterioro?	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> No <input 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 los sistemas fotovoltaicos.

ACCESO Y TRANSITO ACTUAL	
Forma de acceso	Entre techo
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	Tránsito por entretecho con linterna (espacioso)

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 de las cubiertas
Piso técnico (pasarelas metálicas)	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	A lo largo del campo fotovoltaico
Escalera tipo gatera	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Iluminación entretecho bajo generador fotovoltaico
¿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 utilizados 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, clasificada como **Energía Renovables No convencionales (ERNC)**, ya que su recurso primario es inagotable, tiene además 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 la radiación solar en energía eléctrica, obteniendo así corriente continua (DC). No obstante lo anterior, lo que realmente se requiere 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 de 220 VAC** y **Frecuencia 50 Hz**, dentro de los rangos establecidos por la SEC, para asegurar la **calidad y seguridad** del suministro eléctrico.



Ilustración 5 - Modulo 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.

El resto de los requisitos se detallan en las bases de licitación.

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 eléctrica existente, 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 6 -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.

El resto de los requisitos se detallan en las bases de licitación.

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 de cada cubierta, o en el entretecho.
IP	IP65(exterior) <input checked="" type="checkbox"/> IP54(interior) <input checked="" type="checkbox"/>
Complemento adicional	Armario metálico de protección <input type="checkbox"/> Otro:
N° de MPPT	4
Internet	Wifi <input checked="" type="checkbox"/> Ethernet <input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones	Que quede protegido de la radiación directa del sol

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 7 – Estructura de anclaje Típica para módulos fotovoltaicos

De acuerdo a las bases de la licitación las estructuras utilizadas para soportar los módulos fotovoltaicos, éstos deberán cumplir con los siguientes requisitos, sin perjuicio que deberán satisfacer la normativa vigente en Chile:

- 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 30 [kWp] la estructura de soporte deberá contener una memoria de cálculo.

El resto de los requisitos se detallan en las bases de licitación.

Dicha estructura deberá dar cumplimiento a la normativa vigente que afecta a la edificación y diseño estructural, para efecto de cargas estáticas, de viento, nieve y sismo.

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 type="checkbox"/>	Inclinados <input checked="" type="checkbox"/>	30°
Orientación	Noreste		

5.1.4 Sombras

En el área seleccionada donde se instalará el sistema fotovoltaico en cuestión, no deben presentar sombras que puedan afectar la radiación global 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 permanentes sobre un módulo o parte de su conjunto (string), podrían afectar la integridad de estos, dañándolos y produciendo la desconexión del sistema FV. Además, el efecto sombra reduce considerablemente la producción de energía eléctrica que fue estimada en el estudio de generación.

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

SOMBRA A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DEL SISTEMA FV

Internas	Sobre la superficie seleccionada: Equipos de aire acondicionados y respiraderos de baños
Externas	Ninguna

5.2 Producción estimada de energía y verificación del consumo interno

5.2.1 Verificación del consumo interno

Estimada la capacidad de generación de energía del Sistema Fotovoltaico, (SFV) con el software de simulación (PVSol Premium®) y analizados los antecedentes de demanda (consumos eléctricos) anual del edificio, se pudo contrastar este consumo con la producción eléctrica esperada de la planta fotovoltaica. Esta verificación permite asegurar

el principio de autoconsumo de la energía en el edificio, determinando así la capacidad final de la planta fotovoltaica.

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 Hospital, se disminuirán los retiros de energía que antes provenían en un 100% de la red eléctrica 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	6.837.720	kWh/año
Sistema fotovoltaico máximo para el autoconsumo	100	[kWp]

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

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	100	kWp
Cantidad de módulos a instalar app	400	Uds.
Generación anual específica estimada	1479	kWh/kWp
Producción anual esperada	147.900	kWh/año
Coefficiente de rendimiento de la instalación	79	%
Reducción de rendimiento por sombreado	2	%/año
Emisiones de CO2 evitadas	53,24	Kg/año

Estos valores son considerando una pérdida estimada por cableado de 4,5% y una

perdida por ensuciamiento del 5%.

A continuación se muestra un *layout* (disposición del generador fotovoltaico) referencial de la planta FV sobre el techo seleccionado:

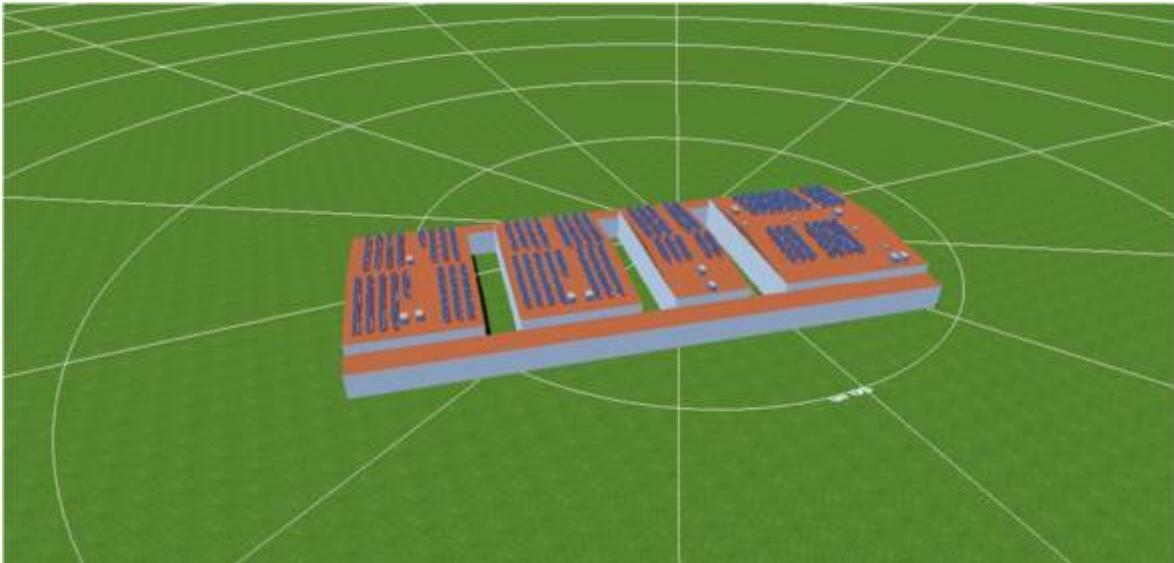


Ilustración 8 – Vista simulación orientación

6. Sistema eléctrico

6.1 Descripción del sistema eléctrico

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

EMPALME			
Potencia instalada	1500 kVA	Tarifa	AT4.3
Energía Anual [kWh/año] app	6.837.720		
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]	-		
Ubicación	En el poste afuera del edificio		
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, éste fue sugerido bajo aspectos técnicos y normativos vigentes. A continuación se muestran los resultados obtenidos durante la visita a terreno y posterior análisis.

PUNTO DE INYECCIÓN ELEGIDO: **Tablero General**

Identificación tablero	TG Aux AF Rx Normal
Tablero	Existente <input type="checkbox"/> Nuevo/Auxiliar <input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones	

Información adicional

TABLERO GENERAL								
Identificación tablero	TG Aux AF Rx Normal							
Ubicación	En el pasillo primer piso edificio CDT							
Protección cabecera [A]	de	800	Espacio barras	en	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Espacio módulos	en	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>



Ilustración 9 – 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

El siguiente es un check list de aspectos técnicos del punto de conexión evaluado, basado en criterios e instrucciones de la Norma Chilena N°4/2003 para instalaciones de baja tensión.

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 checked="" type="checkbox"/> No <input 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 checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>	
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 checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>	
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 se 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. Ésta unión evitará que se produzcan tensiones peligrosas en cualquier parte del sistema. 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"/>	No medido.
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 checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Capacidad [kVA]	Nominal	2x1400kVA
Ubicación	Sala Eléctrica				
Cargas alimentadas	Todo el edificio CDT				
Distancia al punto de conexión [m]	300				
Se puede tomar muestra	Sí <input checked="" type="checkbox"/>			No <input type="checkbox"/>	

Nota: El punto de conexión, si está alimentado un grupo electrógeno.

6.6 Sistemas de protección CA / CC.

Si el punto de inyección cumple con el espacio disponible 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**, la protección deberá cumplir la función de proteger el campo fotovoltaico en su integridad a través de un interruptor RI y aguas arribas 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 m, 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 a su aislación y su sección considerando la corriente máxima que es capaz de soportar (Amperes).

CANALIZACIONES CA	
Trayecto CA	Adosado al muro aldaño y por shaft existente, hasta el Tablero General
Distancia aproximada (m)	100 m desde la cubierta más lejana

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)
CHILECTRA	AT4.3	66,895

7.1 Ahorros estimados

La producción de energía anual estimada, de la planta fotovoltaica para autoconsumo, es de 147.900 kWh/año. Con este valor y costo de la energía indicado en el punto 7.1, es posible determinar el ahorro esperado con la planta fotovoltaica en funcionamiento:

Potencia a instalar [kWp]	Producción FV esperada [kWh]	Ahorro estimado anual [\$/año] iva inc.
100	147.900.	9.893.770.-

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 muestra una tabla con los factores de emisión para ambos sistemas y sus 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]
53.24

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 [kWp]	Entre 10 y 30 [kWp]	Entre 30 y 80 [kWp]	>80 [kWp]
Adjudicación licitaciones anteriores [USD/W] (s/IVA)	3,75	2,43	1,75	1,35

Estimación Costo Total del proyecto [USD](s/IVA)
135.000

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 otorguen a la empresa que se adjudique la licitación, menos tiempo se requerirá para realizar los trabajos.

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

Logística	
Lugar disponible para almacenar materiales	Sí, pero en container
Acceso con vehículos	Si
Existe un espacio físico para instalación de oficina	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Instalar oficina container
Se pueden ocupar los baños del inmueble	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Instalar baño químico
Tiempo de Instalación estimado[semanas]	2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solicitados en visita, aún no enviados
Planos de cubierta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solicitados en visita, aún no enviados
Planos de estructura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solicitados en visita, aún no enviados

9. Conclusiones

Realizado el presente estudio de pre factibilidad técnico/económico, se puede considerar que a partir de los datos obtenidos, es factible instalar una **planta fotovoltaica de 100 [kWp]**, conectada a la red, por lo tanto se recomienda licitación a través del programa Techo Solares Públicos.

Los principales resultados obtenidos fueron:

Potencia [kWp]	Producción FV esperada [kWh/año]	Empresa	Tarifa	Costo energía (\$/kWh) (c/IVA)	Ahorro estimado anual [\$/año]	CO ₂ eq evitado [ton/año]
100	147.900	CHILECTRA	AT4.3	66,895	9.893.770.-	53,24

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.

Identificación del edificio	HOSPITAL BARROS LUCO
Identificación del propietario	MINISTERIO DE SALUD
Ubicación del edificio	GRAN AVENIDA JOSE MIGUEL CARRERA 3204, SANTIAGO
Capacidad a Instalar mínima	100 kWp
Área disponible	Ver en el esquema
Instalación del equipamiento	<ul style="list-style-type: none">• Lugar de instalación del generador fotovoltaico: Sobre las cubierta del edificio CDT• Lugar de instalación del inversor: Adosado al costado de las cubiertas o en el entretecho• Punto de conexión sugerido: Tablero General, 1er piso CDT

Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación: Noreste • Inclinación: 30° con la orientación de la cubierta. Las cubiertas tienen orientación E/O con 5° de inclinación. • Sistema de fijación: Soporte adosado a vigas metálicas o costaneras
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 de cada cubierta. • Se deben instalar soportes para cuerdas de vida que permita la mantención de la instalación de forma segura. • No es necesario instalación de gatera.
Canalizaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia aproximadas entre el campo fotovoltaico y lugar de instalación del inversor: 40 [mts], el inversor se recomienda al costado de cada cubierta o en el entretecho. • Distancias aproximadas entre el lugar de instalación del inversor y punto de conexión: Hasta el Tablero General del 1er piso, 80 [m] desde la cubierta más lejana. Canalización por el interior 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, 4 entradas de MPPT. • Instalar un Tablero Auxiliar albergue las protecciones del SFV. • Normalizar Tablero General, primer piso, sugerido como punto de conexión, según Norma 4/2003. • Considerar instalación de baño químico según Decreto 594 y contenedor de oficina. • Canalizar e instalar el cable de comunicación, desde el servidor del edificio (o en su defecto algún punto de red) hasta el o los inversores; si el inversor cuenta con monitoreo integrado, dejarlo conectado y configurado.

Información adicional	<ul style="list-style-type: none"> Grupo electrógeno si alimenta el punto de conexión. Distancia aproximada 300 m. Existe subterráneo de canalización con espacio.
Horario de trabajo de obra en el techo	Horario laboral de lunes a sábado.
Horario ingreso de materiales	Horario laboral, de lunes a sábado.
Lugar disponible para almacenar materiales de obra*:	Dentro del recinto, considerar container para almacenamiento seguro.
Acceso con vehículos:	Si hay acceso a vehículos.
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

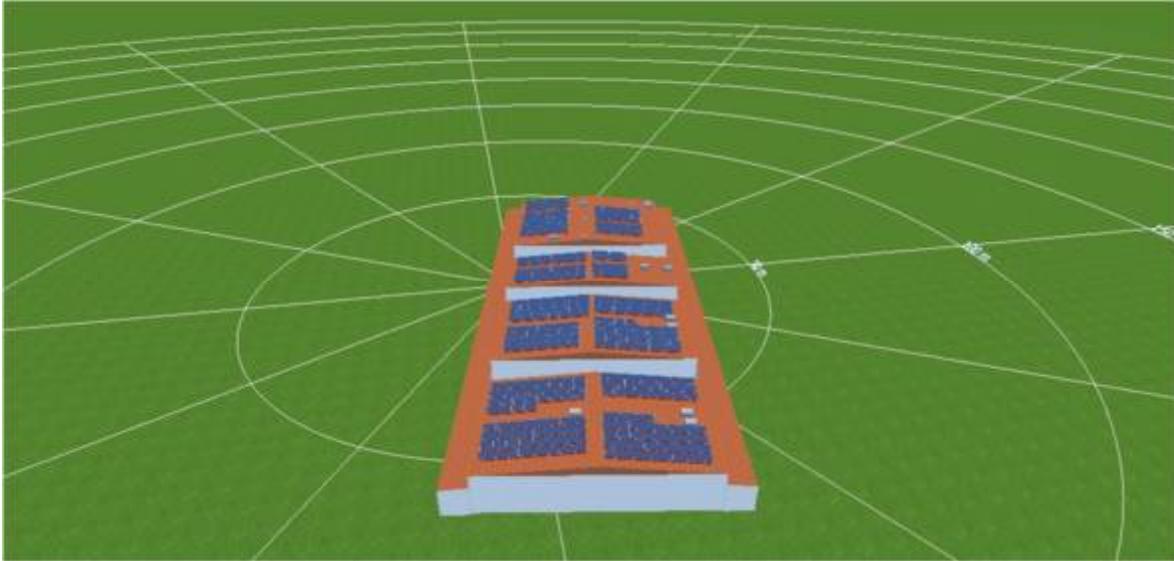


Ilustración Simulación PV Sol

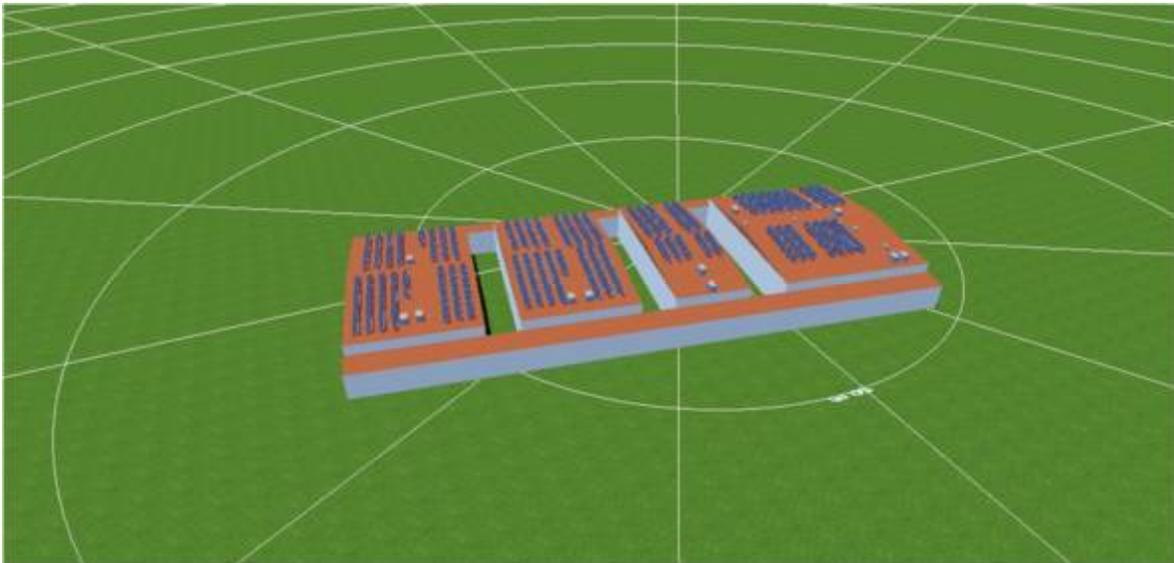


Ilustración Simulación PV Sol

5.- Punto de conexión



Ilustración punto de conexión sugerido



Ilustración punto de conexión sugerido



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