



Estudio de Pre factibilidad

Diseño de planta fotovoltaica
Edificio Aeródromo desierto de
Atacama

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: Agosto 2015
Revisado por: Guillermo Soto Olea	Cargo: Jefe Programa	Firma	Fecha: Agosto 2015
Aprobado por: Guillermo Soto Olea	Cargo: Jefe Programa	Firma	Fecha: Agosto 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.....	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 DE SIMULACIÓN DE PLANTAS Fv, PVSOL PREMIUM®, QUE UTILIZA DATOS DE RADIACIÓN DE METEONORM 7®	10
5.2 PRODUCCIÓN ESTIMADA DE ENERGÍA Y VERIFICACIÓN DEL CONSUMO INTERNO	15
6. SISTEMA ELÉCTRICO	17
6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	17
6.2 ESTADO DE TABLEROS Y PUNTO DE CONEXIÓN	17
6.3 OBRAS ADICIONALES PUNTO DE INYECCIÓN	19
6.5 SISTEMAS DE RESPALDO	21
6.6 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CA / CC	21
6.7 CANALIZACIÓN CC/CA (SECCIÓN ESTIMADA, DISTANCIAS Y CAÍDAS DE TENSIÓN)	22
7. ASPECTOS ECONÓMICOS	23
7.1 TARIFA DEL INMUEBLE	23
7.1 AHORROS ESTIMADOS	23
8. INFORMACIÓN SOBRE LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN	25
9. CONCLUSIONES	25



RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe presenta un análisis de pre factibilidad para instalar un sistema solar fotovoltaico en el inmueble señalado.

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, por lo tanto se recomienda licitación a través del programa Techo Solares Públicos. A continuación se muestran las características principales del proyecto a licitar.

Potencia a licitar [kW]	Producción FV esperada [kWh/año]	Ahorro estimado anual [\$/año]	CO ₂ eq evitado [ton/año]
40	76,321	4.291.072	27,4

A partir de la entrega de este informe a la entidad correspondiente en 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.

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	18 de junio de 2015
Declaración TE1	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Otros documentos			

Planos			
	Digital (CAD)	No digital	Observación
Planos Eléctricos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Parcialmente. Faltan planos
Planos de cubierta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Planos de estructura	<input checked="" 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:

- a) Instructivo diseño y ejecución de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, 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	Edificios de logística y bomberos		
Cantidad de pisos	2 (ambas construcciones)	Antigüedad	No informada
Reformas previstas	no		
Dirección	Ruta 5 Norte km 863		
Región	Antofagasta	Comuna	Caldera



Ilustración - Fachada del edificio



Ilustración - Ubicación de los dos edificios 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 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.

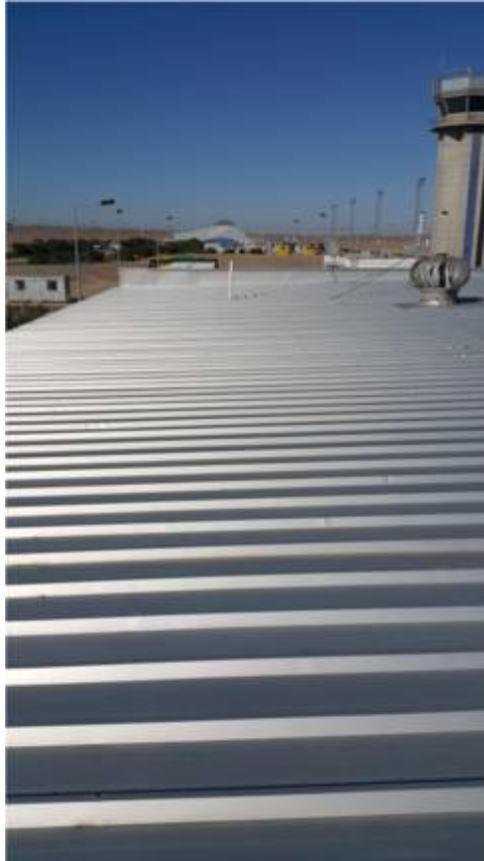


Ilustración - Planta de cubierta del edificio seleccionado

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 edificio de logística y de bomberos		
Orientación	Norte	Inclinación	5%
Elementos por relocalizar:	no		
Área bruta disponible [m²]	600	N° de cubiertas	2
Material de la cubierta	Zinc	Antigüedad	No informada
Material de la estructura	Vigas Metálicas	Antigüedad	No informada
¿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 type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		

Observación: Sólo se puede acceder al entretecho del edificio moviendo el cielo americano y con una adecuada escalera.

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 del edificio	
Forma de tránsito	Libre por la cubierta	
¿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 solicita para la visita a terreno contar con una escalera con el alcance adecuado.

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"/>	
Barandas	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Lugar:
Piso técnico (pasarelas metálicas)	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Escalera tipo gatera	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
¿Otras medidas?	Se requieren dos escaleras o gateras. Una para cada edificio	

5. Sistema fotovoltaico

5.1 Dimensionamiento del sistema

El dimensionamiento de la planta fue realizado usando el software de simulación de plantas Fv, 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 estarán 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 gas 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 que realmente se necesita es **corriente Alterna (AC)**, por lo que es necesario incorporar un equipo llamado inversor. Este equipo realiza dicho cambio, logrando adecuar la energía producida, en función de las variables eléctricas de **Voltaje 220V AC** y **Frecuencia 50 Hz**, dentro de los rangos considerables de calidad de Energía que debiese tener suministro eléctrico.



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

Adicionalmente, a los requisitos 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 inversor tipo de referencia.



Ilustración -Típico montaje de un inversor

Adicionalmente a los requisitos 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	Sobre la cubierta en atril metálico
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	2
Internet	Wifi <input type="checkbox"/> Ethernet <input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones	

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.



Ilustración – 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 type="checkbox"/>	Inclinados <input checked="" type="checkbox"/>	20°
Orientación	Norte		

Observación: Este proyecto requiere memoria de cálculo estructural.

5.1.4 Sombras

En el área seleccionada donde se instalará el sistema fotovoltaico en cuestión, no se deben producir efectos de 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, reduciendo, 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	Salidas de humo
Externas	Ninguna

Conclusión: En general, se un área con poca o nula interferencia de elementos sólidos que produzcan sombras.



Ilustración – Elementos que generan sombras internas

5.2 Producción estimada de energía y verificación del consumo interno

5.2.1 Verificación del consumo interno

La capacidad del Sistema Fotovoltaico, (SFV), luego de realizado el estudio de generación correspondiente con el software de simulación (PVSol Premiun[®]) y considerando los factores antes mencionados, se debe incorporar el factor de demanda (consumos) anual del edificio, este se contrastó con la producción de energía eléctrica que sería factible obtener y así poder dimensionar correctamente la capacidad de la planta fotovoltaica y que se refiere al tamaño adecuado que debiese tener la planta Fotovoltaica, para **autoconsumo del edificio**.

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 para poder generar su propia energía, lo cual fomenta principalmente el autoconsumo.

En términos de beneficios para el cliente, se disminuirán los retiros de energía que antes provenían 100% desde el sistema eléctrico de 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 (estimado)	240,000	kWh/año
Sistema fotovoltaico máximo para el autoconsumo	N.A	[kW]

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

5.2.2 Producción estimada de energía (simulación)

De acuerdo a lo diseñado en PVSol Premiun 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	40	kWp
Cantidad de módulos a instalar	160	
Generación anual específica	1908	kWh/kWp
Producción anual esperada	76.321	kWh/año
Coefficiente de rendimiento de la instalación	79	%
Reducción de rendimiento por sombreado	2	%/año
Emisiones de CO2 evitadas	27,4	kg/año

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

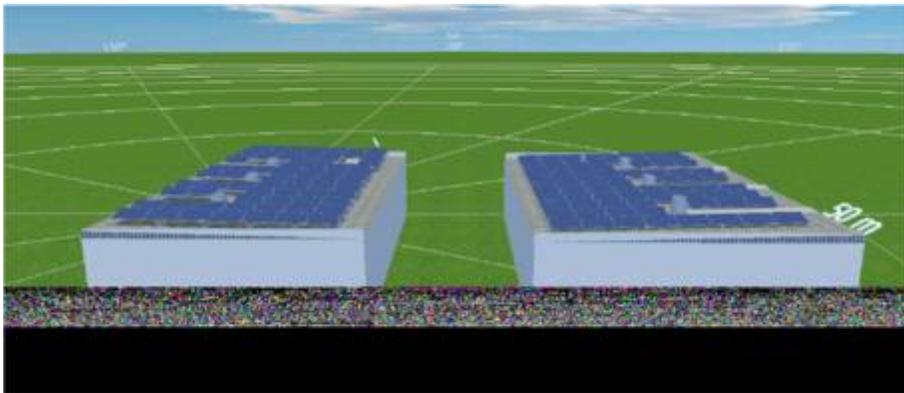


Ilustración – Vista simulación orientación

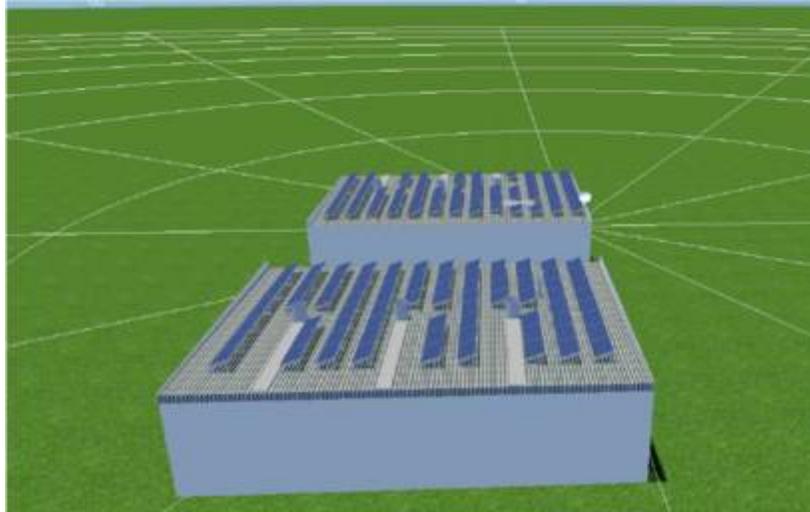


Ilustración – Vista simulación orientación

6. Sistema eléctrico

6.1 Descripción del sistema eléctrico

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

EMPALME			
Potencia instalada	930 kVA	Tarifa	AT4.3
Energía Anual [kWh/año]	240.000		
Acometida	Embutido <input type="checkbox"/>	Aérea <input type="checkbox"/>	Subterránea <input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de conexión	Monofásica <input type="checkbox"/>	Trifásica <input checked="" type="checkbox"/>	
Protección general [A]	No Informada		
Ubicación	Sala eléctrica general		
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 lugar seleccionado para la inyección de energía desde el SFV a la

instalación eléctrica del edificio, éste fue considerado bajo aspectos técnicos y normativos. A continuación se muestran los resultados obtenidos durante la visita a terreno y posterior análisis.

TABLERO GENERAL								
Identificación tablero	TDA Edificio Logística							
Ubicación	Edificio Logística							
Protección cabecera [A]	de	100	Espacio barras	en	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Espacio módulos	en	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

PUNTO DE INYECCIÓN ELEGIDO	
Identificación tablero	TDA Edificio Logística (se inyecta la energía generada en las dos áreas elegidas)
Tablero	Existente <input type="checkbox"/> Nuevo/Auxiliar <input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones	Tablero Auxiliar al costado del existente con las protecciones propias de la planta fotovoltaica.

A continuación se muestra el TDA del edificio de logística en su interior.



Ilustración – Interior tablero sin contrachapa

6.3 Obras adicionales punto de inyección

Durante la visita a terreno se evaluaron las obras adicionales y adecuaciones necesarias que tiendan a la puesta en servicio de la planta fotovoltaica propuesta. A continuación, se listan los aspectos evaluados del punto de inyección. Los ítem que no cumplan con la norma, serán identificados como obras adicionales a contemplar en las bases técnicas del llamado a licitación Pública del presente anteproyecto.

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 checked="" type="checkbox"/> No <input 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 checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input 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:		

No se observan incumplimientos de ningún tipo.

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"/>	Según lo informado, no fue 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 electrógeno	grupo	Sí <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Capacidad [kVA]	Nominal	250
Ubicación	Exterior sala eléctrica					
Cargas alimentadas	Tableros de emergencia					
Distancia al pto de inyección [m]	30 mts					
Se puede tomar muestra	Sí <input checked="" type="checkbox"/>				No <input type="checkbox"/>	

Conclusión: El tablero TDA del edificio de logística, propuesto como punto de inyección de la energía generada por la planta fotovoltaica, no es alimentado por el 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"/>

En el lado de **Corriente Alterna CA** el sistema de protecciones se compone principalmente de interruptores termo magnético 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, entre las cubiertas y entre techo
Distancia aproximada (m)	Máximo 20 mts

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	Por bandeja, por el entretecho hasta el tablero en el primer piso
Distancia aproximada (m)	10 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)
EMELAT	AT4.3	56,224

7.1 Ahorros estimados

En relación a la producción de energía anual kWh/año, de la planta fotovoltaica para ser auto consumido, se hizo una estimación aproximada con los datos obtenidos de la generación anual específica.

Potencia a instalar [kW]	Producción FV esperada [kWh]	Ahorro estimado anual [\$/año] iva inc.
40	76.321	4.291.072

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

CO ₂ eq evitado [ton/año]
27,4

7.2 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 un parámetro importante 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 propias de los equipos. Junto a lo anterior, 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 sólo la limpieza de módulos mantendrá el rendimiento de la planta fotovoltaica. No hacer mantenimiento disminuirá la producción de energía en aproximadamente un 8%. Teniendo en cuenta los ahorros anuales por la producción de energía valorizada en \$4.200.000 pesos/año, la no limpieza de los módulos fotovoltaicos arroja un disminución del ahorro de \$336.000 pesos/año.

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 del proyecto [USD]	Costo aproximado de Mantenimiento anual [USD]
70.000,00	1.050,00

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			
Ingreso de materiales			

Logística	
Lugar disponible para almacenar materiales	
Acceso con vehículos	Si
Existe un espacio físico para instalación de oficina	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Se pueden ocupar los baños del inmueble	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" 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	

9. Conclusiones

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, por lo tanto se recomienda licitación a través del programa Techo Solares Públicos.

A partir de la entrega de este informe a la entidad correspondiente en necesario que esta manifieste observaciones, si las tuviera, para preparar las bases administrativas y técnicas para el llamado a licitación por parte de la Subsecretaria 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	EDIFICIO ADMINISTRATIVO DGAC AERÓDROMO DESIERTO DE ATACAMA
Identificación del propietario	DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL (DGAC)
Ubicación del edificio	RUTA 5 NORTE KM. 863
Capacidad a Instalar mínima	40 kW
Área disponible	Ver en el esquema
Instalación del equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Lugar de instalación del generador fotovoltaico: Sobre cubierta edificio logística • Lugar de instalación del inversor: Sobre cubierta sobre atril de metal o adosado al edificio. • Punto de conexión sugerido: TDA Edificio Logística
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación: Norte • Inclinación: 25° ±5° • 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. • Se deben instalar soportes para cuerdas de vida que permita la mantención de la instalación.
Canalizaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia aproximadas entre el campo fotovoltaico y lugar de instalación del inversor: 10 [mts], el inversor se recomienda sobre cubierta. • Distancias aproximadas entre el lugar de instalación del inversor y punto de conexión: Desde el edificio más lejano, 50 [mts] • 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, 2 entradas de MPPT.
Información adicional	<ul style="list-style-type: none"> • El edificio cuenta con un grupo electrógeno. • Considerar un sistema de desacoplamiento automático de la planta fotovoltaica cuando entre en operación el grupo electrógeno y de reposición manual o automática cuando el sistema retorne a su operación normal.
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

*Es responsabilidad del adjudicatario velar por la seguridad de los materiales que almacena en el lugar de la obra.

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

PENDIENTE POR LA DGAC

4.- Esquema de techumbre

