

**Proyecto Energías Renovables  
No Convencionales (CNE/GTZ)**  
PN: 2007.2079.7



**gtz**



**Estudio mejoramiento técnico/económico  
sistema eléctrico de generación  
CESPA (Cooperativa Eléctrica San Pedro de Atacama)**

**Informe Final**

Preparado por:



Santiago de Chile  
Octubre de 2009

**Aclaración**

Este informe fue elaborado por encargo de Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH en el marco del proyecto de cooperación intergubernamental “Energías Renovables No Convencionales”, implementado por la Comisión Nacional de Energía (CNE) y GTZ.

Sin perjuicio de ello, las conclusiones, opiniones y recomendaciones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GTZ. De igual forma, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar no constituye en ningún caso una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de Alemania.

## Resumen Ejecutivo

El presente informe da cuenta de los resultados del estudio realizado por la empresa AGELEC LTDA. entre los meses de Junio a Septiembre de 2009 a petición de la Comisión Nacional de Energía (CNE) y la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica).

El objetivo del presente estudio fue desarrollar una propuesta técnica y económica de mejoramiento al actual sistema de generación eléctrica de la Cooperativa Eléctrica San Pedro de Atacama (CESPA), a modo de implementar un sistema seguro, estable y compatible con nuevos elementos en la matriz energética, considerando de manera preponderante la inclusión de generación a partir de una futura Granja Fotovoltaica.

La metodología utilizada estuvo centrada en la realización de trabajo en terreno, entrevistas con los diversos protagonistas involucrados en la gestión, operación y mantención del sistema, consultas de alternativas de solución viables y disponibles en nuestro país con los principales proveedores de sistemas de generación y análisis de la información y antecedentes recopilados.

La solución planteada en este informe incluye el rediseño de las actuales instalaciones de la planta de generación, la eliminación de los grupos existentes CAT 1 y CAT 2 a gas natural, incorporación de dos (2) nuevos grupos de generación a combustible diesel para diversificar la actual matriz energética, mejoras y procedimientos tendientes a aumentar los estándares de seguridad. La recomendación de eliminar los grupos CAT 1 y CAT 2 se basa en el alto costo de sus reparaciones, debido al largo tiempo fuera de servicio y a la obsolescencia de los modelos.

El sistema de generación proyectado, estaría conformado por dos (2) nuevos generadores a diesel de potencia aproximada de 400 kW cada uno, que se suman a los actuales grupos Guascor de potencia cercana a los 800 kW cada uno, lo que en conjunto sumará una potencia nominal instalada cercana a los 2.400 kW.

Este informe da pautas de ingeniería básica y solución única para agregar la futura Granja Fotovoltaica al sistema proyectado, también considera obras de planta física, dejando espacios disponibles para agregar unidades futuras adicionales como respaldo a la capacidad total a gas instalada, por si ocurriesen cortes del suministro de este combustible o por mantenciones mayores a causa de fallas.

La solución propuesta de mejoras al sistema de generación actual, está orientada a optimizar las inversiones requeridas para recibir la Granja Fotovoltaica de manera segura, robusta y estable, sin necesidad de sobre-invertir y sin afectar la factibilidad económica del proyecto.

Para lograr lo anterior, se han dimensionado y especificado; obras para la planta de generación, una sala de control, diversas alternativas de control y sincronización para los grupos de generación existentes y adicionales proyectados y en el futuro la inclusión de la Granja Fotovoltaica.

Sin embargo, la solución propuesta y todas las mejoras a las instalaciones eléctricas de la planta de generación y la nueva configuración de equipos de generación proyectada, incluida la Granja Fotovoltaica, es posible sí y sólo sí se logra la operación en paralelo y sincronizada de los dos (2) equipos Guascor existentes. Sin este hito (que hoy requiere la reparación del sistema de control) la solución propuesta y todos los esfuerzos posteriores, resultarán infructuosos.

Este informe también incluye un programa de capacitación para los operadores del sistema actual y futuro, en el que se abordan temas relativos a: “Gestión y mejoras de Seguridad y Salud Ocupacional” y “Aspectos generales de Sistemas Eléctricos de Potencia”.

# Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>1. Objetivos .....</b>	<b>10</b>
a) Objetivo General .....	10
b) Objetivos Específicos.....	10
<b>2. Metodología y Alcances.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Estado del Arte .....</b>	<b>13</b>
a) Sala de Fuerza.....	13
b) Procedimientos de Operación y Mantenición de Generadores. ....	14
c) Terreno de Emplazamiento Casa de Fuerza.....	14
d) Demanda. ....	15
e) Tarificación.....	16
f) Capacitación de Personal.....	16
g) Otras Consideraciones Importantes .....	16
<b>4. Estado y Uso de Generadores Existentes.....</b>	<b>18</b>
<b>5. Recomendaciones de Usos de Equipos Existentes.....</b>	<b>20</b>
a) Metodología de Estimación de Demandas año 2009 a Servir por la Planta Generadora de CESP.A. ....	20
i. Demanda Actual con la Operación de dos Generadores GUASCOR. ....	22
ii. Demanda Actual con la Operación de dos Generadores GUASCOR y dos Generadores CAT Refaccionados. ....	23
iii. Demanda Actual con la Operación de dos Equipos GUASCOR más Aporte de la Granja Fotovoltaica de 500 KW.....	24
iv. Demanda Actual con la Operación de dos Generadores GUASCOR y dos Generadores CAT más el Aporte de la Granja Fotovoltaica de 500KW.....	25
b) Mantenición de la Potencia Instalada en Actual Planta CESP.A.....	27
<b>6. Recomendaciones de Equipos Adicionales. ....</b>	<b>30</b>
<b>7. Escenarios de Operación de Equipos GUASCOR y Equipos Adicionales para la Demanda 2009.....</b>	<b>31</b>
i. Demanda Actual con Operación de un Grupo GUASCOR y un Equipo Diesel Adicional. ....	31
ii. Demanda Actual con Operación de Grupo GUASCOR, Planta Diesel Adicional y Granja Fotovoltaica.....	33
<b>8. Escenarios de Operación de Equipos GUASCOR y Equipos Adicionales para la Demanda Media Estimada en el Verano 2010. ...</b>	<b>35</b>
i. Demanda Verano 2010 con Operación de Grupos GUASCOR.....	36
ii. Demanda Verano 2010 con Operación de Equipos GUASCOR y Grupo Diesel Adicional. ....	38
iii. Demanda Verano 2010 con Operación Equipos GUASCOR, Planta Diesel y Granja Fotovoltaica.....	40

<b>9.</b>	<b>Soluciones Propuesta por Empresas Proveedoras de Equipos de Generación.....</b>	<b>42</b>
i.	Propuesta Empresa FINNING.....	42
ii.	Propuesta Empresa CUMMINS.....	42
iii.	Propuesta Empresa DETROIT.....	43
<b>10.</b>	<b>Costos de Generación .....</b>	<b>45</b>
a)	Datos de Costo de Generación Previo a Julio de 2009.....	45
b)	Costos de Generación Demanda 2009.....	46
c)	Costos Proyectados de Generación Demanda 2010.....	48
<b>11.</b>	<b>Plan de Inversiones.....</b>	<b>50</b>
a)	Obras Civiles, Equipamiento y Capacitación.....	50
b)	Equipos de Generación .....	51
i.	Generadores FINNING.....	51
ii.	Generadores CUMMINS .....	52
iii.	Generadores DETROIT.....	53
<b>12.</b>	<b>Modificaciones y Recomendaciones a la Actual Casa de Fuerza.....</b>	<b>58</b>
a)	Habilitación de Centro de Control y Bodega.....	58
b)	Habilitación de Nuevos Accesos.....	59
c)	Implementación del Sistema Eléctrico.....	59
d)	Habilitación de Red Inerte.....	59
e)	Habilitación de Iluminación.....	60
f)	Habilitación de Iluminación de Emergencia.....	60
g)	Instalación de un equipo Uninterrupted Power Supply (UPS).....	60
h)	Instalación de Tablero de Servicios Auxiliares.....	61
i)	Habilitación de Sistema de Ventilación.....	61
j)	Instalación de Gabinetes de Control.....	61
k)	Ampliación Sala de Máquinas.....	62
l)	Mejora de Trincheras de Canalización .....	62
m)	Patio de la Planta Diesel Adicional.....	62
n)	Instalación Tanque de Combustible.....	63
o)	Mejoramiento de Áreas Aledañas y Señalética.....	63
<b>13.</b>	<b>Sistema de Generación, Distribución y Control .....</b>	<b>64</b>
a)	Sistema de Generación .....	64
b)	Sistema de Distribución .....	64
c)	Sistema de Control.....	64
<b>14.</b>	<b>Sincronización.....</b>	<b>67</b>
a)	Propuestas de Proveedores para Control y Sincronización .....	68
i.	Propuesta FINNING/CAT .....	68

ii.	Propuesta CUMMINS .....	70
iii.	Propuesta DETROIT .....	70
iii.	Propuesta Detroit.....	70
iv.	Resumen de Alternativas de Generación.....	71
v.	Recomendaciones.....	71
b)	Lógica de Operación (modo secuencial): .....	73
<b>15.</b>	<b>Capacitación .....</b>	<b>74</b>
a)	Diseño de Capacitaciones .....	74
b)	Valorización de Capacitaciones.....	75
<b>16.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>76</b>

## Introducción

Desde hace algunos años Chile ha avanzado en pos de la diversificación de su matriz energética, mediante la incorporación de energías renovables no convencionales (ERNC), en conjunto con el desarrollo una política que permita altos niveles de seguridad, eficiencia y equidad en el suministro de energía.

Particularmente una de las ERNC que mayor interés suscita es la proveniente del Sol, en la cual nuestro país aún presenta bajos niveles de competitividad y desarrollo. Debido a esto, son diversos los estudios y proyectos que se están generando para favorecer su aplicación.

En Chile las condiciones de clima más favorables para la obtención de electricidad a partir de la energía solar, se encuentran en la zona norte entre las regiones de Arica - Parinacota y Coquimbo, siendo estos lugares los que cuentan con uno de los niveles de radiación más altos del mundo.

En una visita a San Pedro de Atacama en el pasado mes de Mayo, el Ministro de Energía, Marcelo Tokman, manifestó que la construcción de una Granja Fotovoltaica en esa comuna es de una vital importancia; "...Primero, para contribuir con la seguridad del suministro eléctrico de esta comuna que hoy depende por completo de la disponibilidad de gas natural y diesel, segundo para ayudar a estabilizar los costos eléctricos y tercero porque San Pedro es una vitrina de Chile al mundo y queremos mostrar que estamos avanzando decididamente en el uso de nuestros recursos naturales".

En el marco de un convenio de cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania para desarrollar las ERNC en nuestro país, La Comisión Nacional de Energía (CNE) y la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica), están desarrollando el proyecto "Energías Renovables No Convencionales". El objetivo de este proyecto es contribuir a que las energías renovables no convencionales (ERNC) adquieran mayor importancia en la matriz energética, específicamente en la generación de electricidad para los sistemas interconectados.

En el contexto de este proyecto, GTZ apoya la iniciativa del Gobierno de Chile de construir mediante un concurso internacional, una granja solar fotovoltaica en la comuna de San Pedro de Atacama, que será conectada al sistema eléctrico local.

Este informe elaborado por nuestra empresa, Manuel Acoria y Cía. Ltda. (AGELEC Ltda.) es parte de un esfuerzo mayor en la evaluación del sistema de generación y distribución de la Cooperativa Eléctrica de San Pedro de Atacama, que incluye resultados de la proyección de la demanda de energía en las localidades de San Pedro de Atacama y Toconao, para permitir la correcta implementación de una futura Granja Fotovoltaica de a lo menos 500 kW.

El contenido de este informe considera la ingeniería básica; para ampliar la capacidad de generación de la planta actual, limitar en determinados horarios diurnos el uso de gas natural y/o petróleo diesel para reemplazar la generación a partir de la energía solar desde una Granja Fotovoltaica y respaldar con grupos electrógenos auxiliares la demanda en horas nocturnas, para lograr dar servicio a: Comunidad de Toconao, Planta de Agua Potable, Planta de Aguas Servidas, hoteles, locales comerciales, viviendas, y servicios del lugar (oficinas públicas y privadas).

# 1. Objetivos

El presente documento tiene como propósito dar cuenta de los siguientes objetivos.

## a) Objetivo General

Desarrollar una propuesta técnica y económica de mejoramiento del sistema de generación eléctrica de la Cooperativa Eléctrica San Pedro de Atacama (CESPA), de modo de implementar un sistema seguro, estable y compatible con nuevos elementos en la matriz energética, considerando de manera preponderante la inclusión de generación a partir de una Granja Fotovoltaica.

## b) Objetivos Específicos

1. Evaluación de reemplazo o reparación de generadores defectuosos existentes.
2. Dimensionar y especificar una nueva sala de control.
3. Dimensionar y especificar un sistema de control inteligente, que permita la sincronización de los equipos de generación, para lograr así una operación óptima del sistema.
4. Evaluar el reemplazo de equipos existentes y especificar la compra de nuevos generadores.
5. Dimensionar y especificar las obras de ampliación de la sala eléctrica
6. Dimensionar y especificar la incorporación e instalación de adecuados dispositivos de sincronización.
7. Evaluar si es necesario, la reutilización y reubicación de otras unidades generadoras existentes.
8. Especificar un programa de capacitación y entrenamiento a los operadores de sistema eléctrico.

## 2. Metodología y Alcances

El presente trabajo fue realizado entre el mes de Junio y Septiembre de 2009.

Dadas las características de este estudio, la metodología utilizada para la concreción de los objetivos estuvo centrada en una primera etapa en conocer a los diversos actores involucrados en el proyecto y diagnosticar el real estado de los equipos y procedimientos del sistema de generación de la Cooperativa de Electricidad de San Pedro de Atacama (CESPA), recopilando información cuantitativa y cualitativa.

Para esta etapa inicial, se realizó un trabajo en terreno por parte de los profesionales encargados del proyecto en la Comuna de San Pedro de Atacama, realizando diversas entrevistas y reuniones con:

- Personal de CESPA.
- Miembros de la Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama.
- Miembros del Comité de Agua Potable Rural de Atacama (CAPRA).
- Miembros de GTZ y CNE.

De manera paralela se visitó cada uno de los lugares en los que estaban dispuestos los equipos de generación eléctrica, con el objetivo de determinar su real estado y uso actual. Los lugares visitados fueron:

- Planta de Generación a Gas Natural.
- Planta Tratamiento de Agua Potable.
- Planta de Aguas Servidas.
- Caseta Grupo Generador de Toconao.
- Caseta de Equipos de Respaldo, en Condeduque.

Con posterioridad, se estableció una segunda etapa de trabajos tendiente a tomar contacto presencial con las empresas proveedoras de los equipos existentes (Guascor, Caterpillar y Cummins), con el fin de solicitar cotizaciones de reparaciones, reemplazos de los generadores fuera de operación, alternativas de control y sincronismo y nuevos generadores que permitan la ampliación de la capacidad instalada y la diversificación de la matriz energética.

Finalmente se realizó el análisis de toda la información recopilada y el desarrollo de una propuesta técnica que permita dar una respuesta óptima a los objetivos específicos planteados en el capítulo anterior. Dicha propuesta consideró diversos factores, tales como, calidad del abastecimiento de los distintos tipos de combustibles, espacio físico, tecnologías disponibles, servicios de post venta de los proveedores, consumos, gastos operacionales y demanda.

En el presente informe se entrega el diseño y evaluación de lo que se considera un caso óptimo de generación, para las particularidades de la demanda, la organización y equipos estudiados.

### 3. Estado del Arte

En el presente capítulo, se entrega una breve mirada del estado del arte del sistema de generación eléctrica de San Pedro de Atacama.

#### a) Sala de Fuerza.

Durante la visita a terreno se apreció que las instalaciones de la casa de fuerza no cumplen con los estándares adecuados, para alojar los generadores existentes, tales como:

- i. Distribución de espacios que permitan realizar adecuadamente las mantenencias y reparaciones de los equipos.
- ii. Lugares adecuados para el almacenamiento de repuestos, insumos y desechos.
- iii. Lugares adecuados para el almacenamiento de elementos peligrosos como son aceites y baterías.
- iv. Accesos adecuados que faciliten la extracción y posterior traslado de generadores para mantenencias mayores (overhaul).
- v. Existencia de respaldo local de energía eléctrica.
- vi. Existencia de luces de emergencia.
- vii. Suficientes trincheras de canalización del cableado.
- viii. Otra serie de elementos que serán abordados en la capacitación “Gestión y mejoras de Seguridad y Salud Ocupacional” (ver anexo).



## b) Procedimientos de Operación y Mantenimiento de Generadores.

Durante la visita a terreno se apreciaron algunas falencias en los procesos de operación y mantenimiento, tales como:

- i. Inexistencia de registros de mantenciones realizadas.
- ii. Inexistencia de un plan de mantención a los generadores.
- iii. Cuadrillas de trabajo no especializadas y encargadas de todas las funciones (toma de datos, supervisión de demanda, conexión y desconexión manual de subestaciones, mantención, etc.).
- iv. Procesos de desconexión y conexión riesgosos, tanto para los operadores como para la red.
- v. Poca confiabilidad de los registros de las variables de operación del sistema (tomados a mano y a intervalos irregulares).

## c) Terreno de Emplazamiento Casa de Fuerza.

- i. Emplazado en las coordenadas  $22^{\circ}58'33''$  S y  $68^{\circ}09'34''$  O.
- ii. El estudio de los antecedentes reunidos, determinó que el paño de terreno cedido por Bienes Nacionales a la Municipalidad de San Pedro de Atacama, alcanza sólo los 0,4 Hás, a diferencia de las 4 Hás que se consideraban inicialmente para el emplazamiento de la Granja Fotovoltaica.
- iii. De la misma manera, se determinó que los contratos consignan que los terrenos deben ser devueltos en Marzo de 2012. Situación que actualmente está en proceso de resolución por parte de la Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama.
- iv. No se encontraron disponibles documentos fundamentales como: planos de emplazamiento del terreno, recepción municipal, red de gas, obras civiles, y fichas técnicas de equipos existentes.
- v. Dado lo anterior, se especula que parte de las actuales instalaciones podrían haber sido construidas fuera del área de la propiedad asignada, pues, tal como se puede apreciar en la siguiente fotografía, no existen deslindes.



## d) Demanda

Debido a que en la actualidad el máximo de demanda de electricidad que es factible de satisfacer, está supeditado a la máxima capacidad del único generador operativo de CESP (765 KW), existen una serie de procedimientos tendientes a reducir la carga de dicho generador en horas punta.

Para un mayor entendimiento de los protocolos de desconexión, los principales clientes se han agrupado de la siguiente manera:

- Planta de Osmosis Inversa para Tratamiento de Agua Potable.
- Comunidad de Toconao.
- Sectores Periféricos de SPA: Comprende las manzanas periféricas de la comuna, principalmente hogares de residentes y menor interés turístico.
- Sectores Céntricos de SPA: Comprende las manzanas centrales de la comuna, donde está ubicado el barrio eminentemente turístico (restaurantes, comercio, hostales, hoteles, etc.)

A continuación, se presenta una tabla que muestra los principales clientes y sus horarios de conexión diaria..

**Tabla Nº 1**

### **Principales Clientes Conectados Según Horario**

<b>Horarios</b>	<b>Planta de Osmosis</b>	<b>Toconao</b>	<b>Sectores Periféricos SPA</b>	<b>Sector Centro SPA</b>
<b>23:00 a 17:30 hrs.</b>	X	X	X	X
<b>17:30 a 23:00 hrs.</b>				X

De la tabla anterior, se puede apreciar que el único cliente que permanece constantemente conectado al suministro de CESP es el sector céntrico de la comuna, el que incluye a locales comerciales, residenciales y alumbrado público.

En el horario punta (17:30 a 23:00 Hrs), tanto la Planta de Agua Potable como la localidad de Toconao cuentan con sus propios grupos de generación eléctrica para cubrir sus necesidades, sin embargo, los sectores periféricos de la comuna simplemente sufren el corte del suministro, el que puede variar desde sólo el alumbrado público, entregando electricidad a los hogares, hasta el corte total del suministro para estos sectores.

Esta oferta limitada de electricidad, explica también, el por qué no se ha dado curso a ninguna de las nuevas solicitudes de conexión a la red eléctrica.

Se especula que la demanda por electricidad sufrirá un aumento explosivo en el corto plazo, respaldada por las actuales solicitudes no cubiertas y la construcción de nuevas poblaciones dentro de la comuna.

### **e) Tarificación**

Si bien este ítem no forma parte del presente estudio, se recomienda realizar una revisión de los diversos tipos de tarifas aplicadas por CESP, las que pueden no estar debidamente definidas a partir de los reales costos de generación del sistema.

Se recomienda que CESP exija y controle que sus clientes tengan un factor de potencia mayor o igual a 0,93 para disminución de las pérdidas y mejor regulación en la fuente.

### **f) Capacitación de Personal**

Se plantea la necesidad de rediseño de algunos de los procesos de la operación del sistema, que permita entregar mayor robustez y seguridad tanto al sistema como a los operadores.

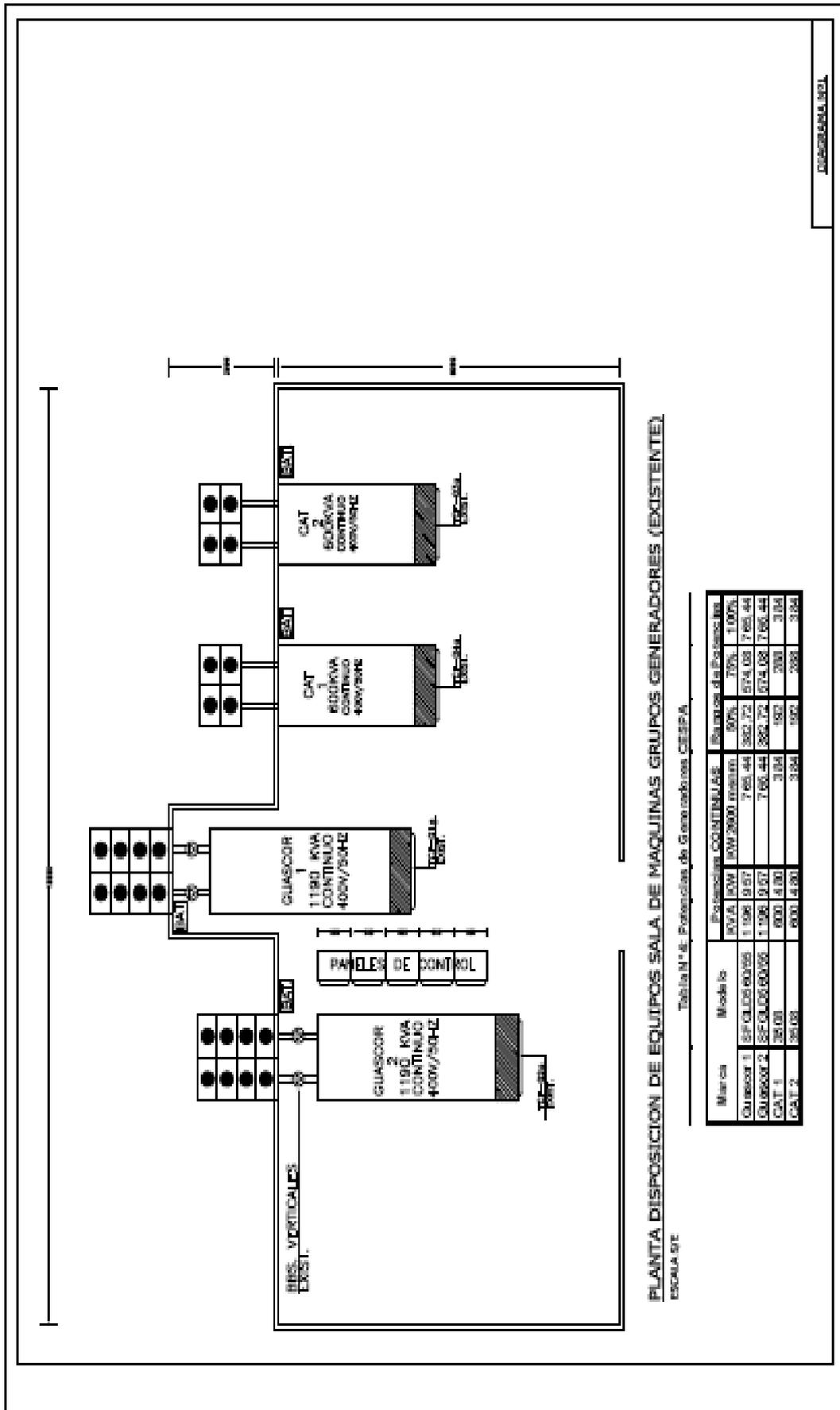
### **g) Otras Consideraciones Importantes**

El estudio de los antecedentes determinó que en Septiembre de 2011 el generador Caterpillar 3508 (CAT 01 en la Tabla N° 3) ubicado en dependencias de la casa de fuerza de CESP, deberá ser devuelto en óptimas condiciones a su dueño original, Gas Atacama.

La empresa Finning representante de la marca, indica que los equipos de generación CAT ubicados en la Planta de Generación CESP, se encuentran discontinuados y su reparación tiene un costo mayor que el de reemplazo por un equipo nuevo.

En el diagrama N° 1, se puede apreciar el emplazamiento de equipos existentes en la actual planta de generación de CESP.

Diagrama N° 1  
Actual Planta Generación CESPA



## 4. Estado y Uso de Generadores Existentes.

El presente capítulo muestra una descripción de las principales características de cada uno de los equipos de generación propiedad de la Cooperativa Eléctrica San Pedro de Atacama (CESPA), el Comité de Agua potable Atacama (CAPRA) y la Cooperativa de Electricidad de Toconao (TOCONAO).

**Tabla N° 2**

### Número de Generadores por Institución

Institución	N° Generadores Disponibles	N° Generadores Operativos	Generadores Operativos	
CESPA	7	4*	Guascor 1 SFGLD560/55	
			Cummins 741RSL2068BP-224	
			CAT 3406	
			Cummins 3286A-1288A	
CAPRA	2	1	CAT	3406-320
TOCONAO	2	1	CAT	
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>2</b>		

(\*) No se incluye el generador Guascor 2 (SFGLS560/55) por no encontrarse operativo al momento del presente estudio, sin embargo, se espera que lo esté dentro de las próximas semanas.

A continuación, se resume en la Tabla N°3 el estado de cada uno de los equipos de generación existentes en cada una de estas instituciones.

Nota: El factor de “derrateo” se estimó en base a lo informado por los proveedores y la experiencia en terreno de los operadores, cuando el dato del fabricante no está disponible. El factor de “derrateo” (*derating*, en inglés) se debe aplicar cuando las condiciones ambientales de operación difieren del rango nominal. Por ejemplo, al operar un generador en altura, la menor presión de O<sub>2</sub> empobrece la mezcla de combustible, además la aislación térmica y eléctrica del aire puede ser distinta, lo que se traduce finalmente en una reducción de la potencia eléctrica generada. Algunos proveedores de generadores usan un factor conservador entre 6% a 9% por cada 1000 metros de altitud.

**Tabla N°3  
Equipos Existentes**

Ubicación	Marca	Modelo	Combustible	Pnom[kVA]	Pnom[kW]	FP	Derrateo	P[kW]	Estado	Propietario y Comentarios
Central GN	Guascor 1	SFGLD560/55	Gas natural	1196	957	0,8	0,8	765,6	Operativo	I. M. SPA. (20000 hrs. de operación al 15/05/2009)
Central GN	Guascor 2	SFGLD560/55	Gas natural	1196	957	0,8	0,8	765,6	Regresando de un overhaul, aun no operativo	I. M. SPA. No Operativo, falta completar mantención
Central GN	CAT 1	3508	Gas natural	600	480	0,8	0,8	384	Fuera de servicio, irrecuperable	Gas Atacama. Devolver Sep 2011
Central GN	CAT 2	3508	Gas natural	600	480	0,8	0,8	384	Fuera de servicio, irrecuperable	I. M. SPA.
Planta Osmosis	CAT	3406-320	Diesel	365	292	0,8	0,8	233,6	Operativo	CAPRA.
Planta Osmosis	Lureye/Volvo	TWD710G	Diesel	200	160	0,8	0,8	128	Fuera de servicio, requiere reparaciones medias.	CAPRA. Falla en alternador y filtración de aceite en culata.
Condeduque	CAT	3406	Diesel	320	256	0,8	0,8	204,8	Operativo	I. M. SPA. Generador muy antiguo, se considera compleja su sincronización con el resto de los equipos.
Condeduque	Cummins	3286A-1288A	Diesel	250	200	0,8	0,8	160	Operativo	I. M. SPA. Tarjeta de sincronismo quemada.
Condeduque	Cummins	741RSL2068BP-224	Diesel	1013	810	0,8	0,8	648	Operativo	Ljubetic Comercial S.A. Arrendado con propósito de respaldo.
Toconao	CAT		Diesel	162	130	0,8	0,8	104	Operativo	Coop. Toconao. No se tomó dato de placa, potencia en base a informes de Factor 4
Toconao	Olympia		Diesel	80	64	0,8	0,8	51	Fuera de servicio	Coop. Toconao.

## **5. Recomendaciones de Usos de Equipos Existentes**

La presente estimación se realizó con el fin de determinar el uso de los actuales equipos disponibles y como apoyo a la determinación de los tamaños de los generadores a sugerir.

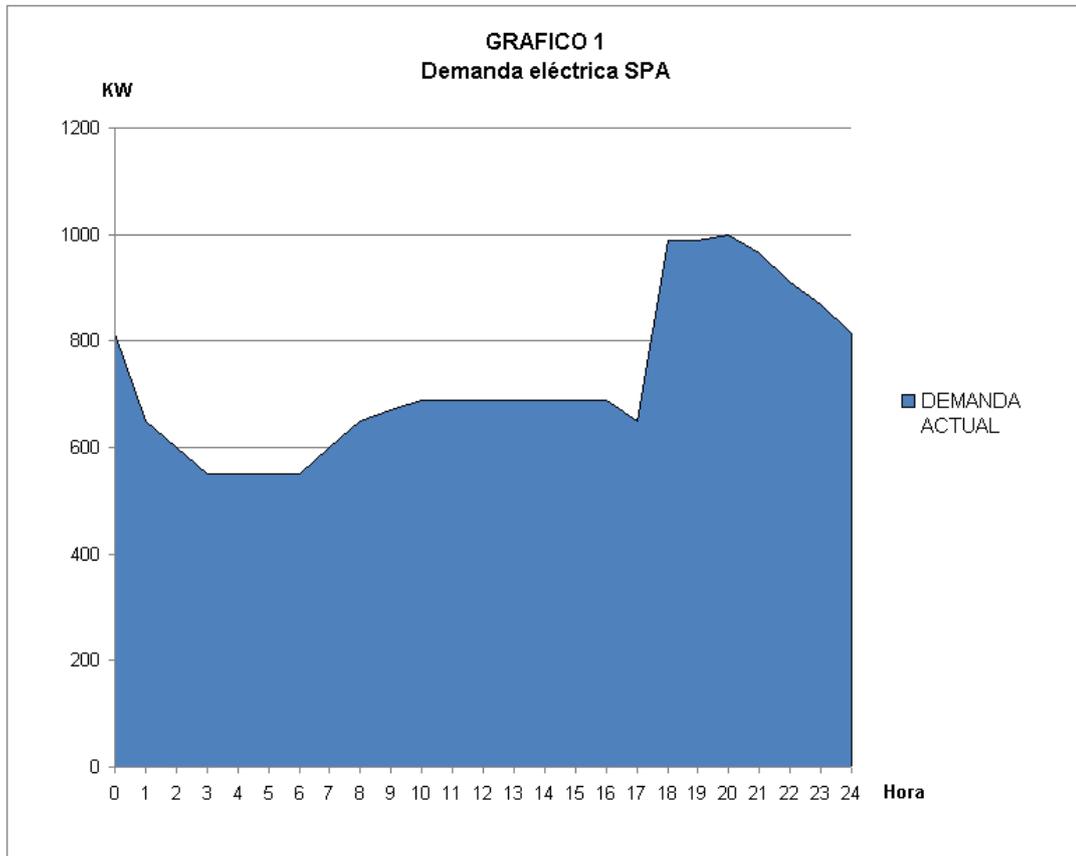
### **a) Metodología de Estimación de Demandas año 2009 a servir por la Planta Generadora de CESP.A.**

Para esta estimación se tomó como referencia las mediciones entregadas en informe de avance del “Estudio de proyección de demanda eléctrica sistema San Pedro de Atacama” solicitado por CNE y GTZ al Centro de Energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (FCFM). Los datos usados fueron

- 1) Demanda de Toconao entre 17:30 y 23:00 hrs. igual a la entregada por el equipo generador del pueblo de 120 kW con un peak de 130 kW a las 22:00 hrs.
- 2) Demanda de planta de osmosis inversa de agua potable constante e igual a 160 KW.
- 3) Demanda de planta de aguas servidas constante e igual a 25 KW.

Las demandas no registradas en el informe se infirieron de la siguiente forma:

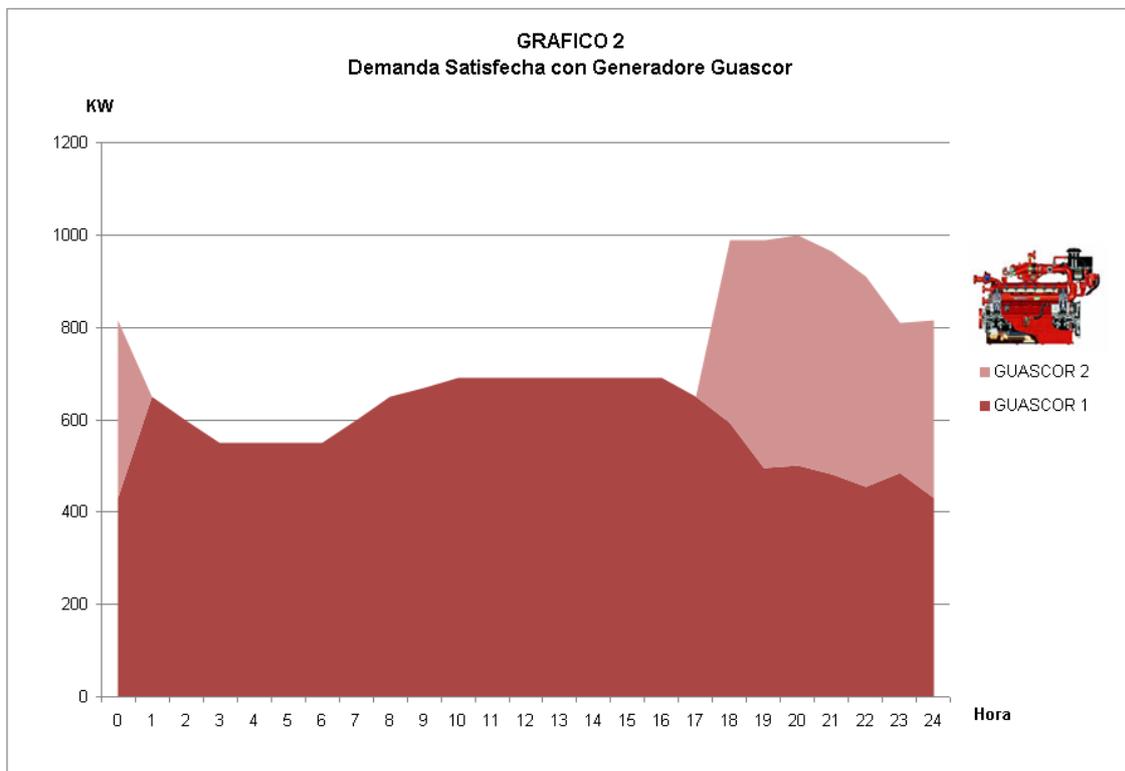
- 1) La demanda de Toconao entre las 23:00 y las 17:30 Hrs se calculó a través del consumo facturado por CESP.A al Comité de Energía Eléctrica de Toconao durante el período de Abril-Mayo del 2009. De este cálculo se obtuvo un consumo promedio de 70 KW durante las horas de conexión a la planta de CESP.A, las cuales se distribuyeron de modo de reflejar el menor consumo durante las horas de sueño.
- 2) La demanda de SPA en las horas de conexión de todos sus clientes se infirió por diferencia entre la generación de CESP.A reflejada en la medición hecha por el Centro de Energía de la FCFM y la suma de los consumos registrados e inferidos de sus clientes.



Cabe señalar que como la principal actividad económica de SPA es la actividad turística, los consumos de energía permanecen constantes para todos los días de la semana.

Observando la curva obtenida en el Gráfico N°1, se determinó que la potencia máxima a servir actualmente es de aproximadamente 1 MW. Con este número en mente, se buscó desarrollar un sistema eléctrico que permitiera alcanzar esta potencia de forma segura y estable. Para ello se estudió la operación de los actuales equipos de CESPAs en los siguientes casos:

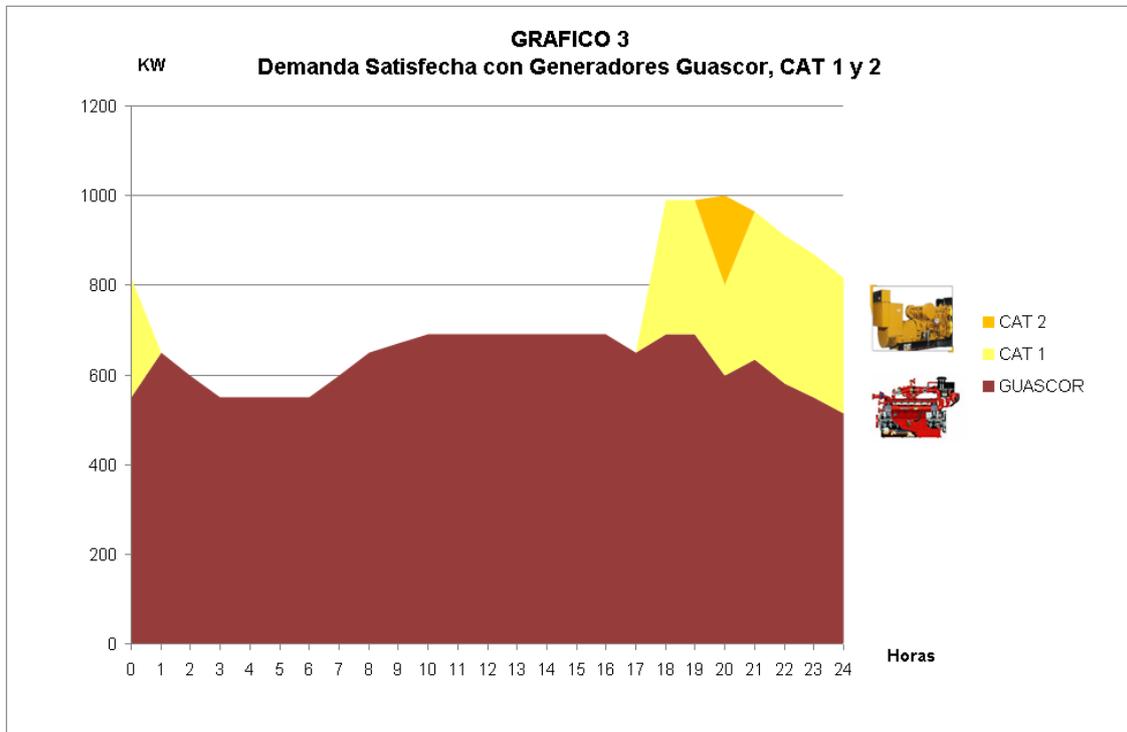
### i. Demanda Actual con la Operación de dos Generadores GUASCOR.



En el gráfico anterior, podemos observar que la demanda actual puede ser cubierta con la potencia de los 2 generadores GUASCOR. Pero que este tipo de operación acarrea los siguientes problemas.

- i. No admite fallas de ninguno de los dos (2) generadores.
- ii. No admite mantenciones mayores programadas en el plan de mantenimiento.
- iii. El generador esclavo opera en un nivel de carga muy inferior a su óptimo durante varias horas del día. Esto produce una reducción de la vida útil del generador, las emisiones contaminantes aumentan y su eficiencia ([kWh/l]) disminuye.
- iv. Se opera sólo con GNL, quedando la oferta eléctrica de SPA supeditada a la oferta de este combustible desde Argentina.
- v. La operación del sistema es ineficiente, pues, hay un mayor consumo de combustible por kW hora y su operación es tal, que se produce un mayor desgaste y agotamiento de la vida útil.

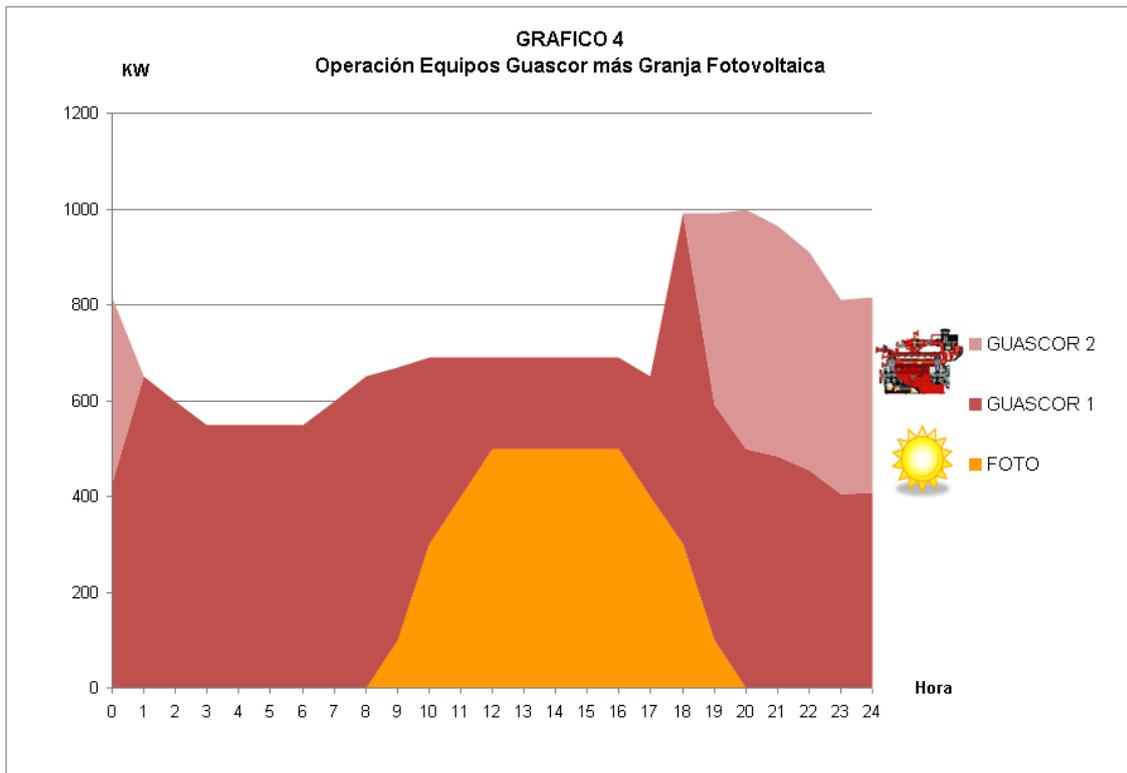
**ii. Demanda Actual con la Operación de dos Generadores GUASCOR y dos Generadores CAT Refaccionados.**



En este gráfico podemos observar que la demanda actual puede ser cubierta con la potencia de 1 generador GUASCOR y un generador CAT más otro CAT de 20 hrs. a 22 hrs., o en su defecto en este mismo horario por los 2 generadores GUASCOR. Esta operación de la planta soluciona los 3 primeros problemas del punto anterior (A), pero persiste el problema de diversificación de la matriz energética.

Si ahora evaluamos la operación de la planta CESPА con la inclusión de la energía proveniente de la Granja Fotovoltaica Proyectada obtenemos dos casos más.

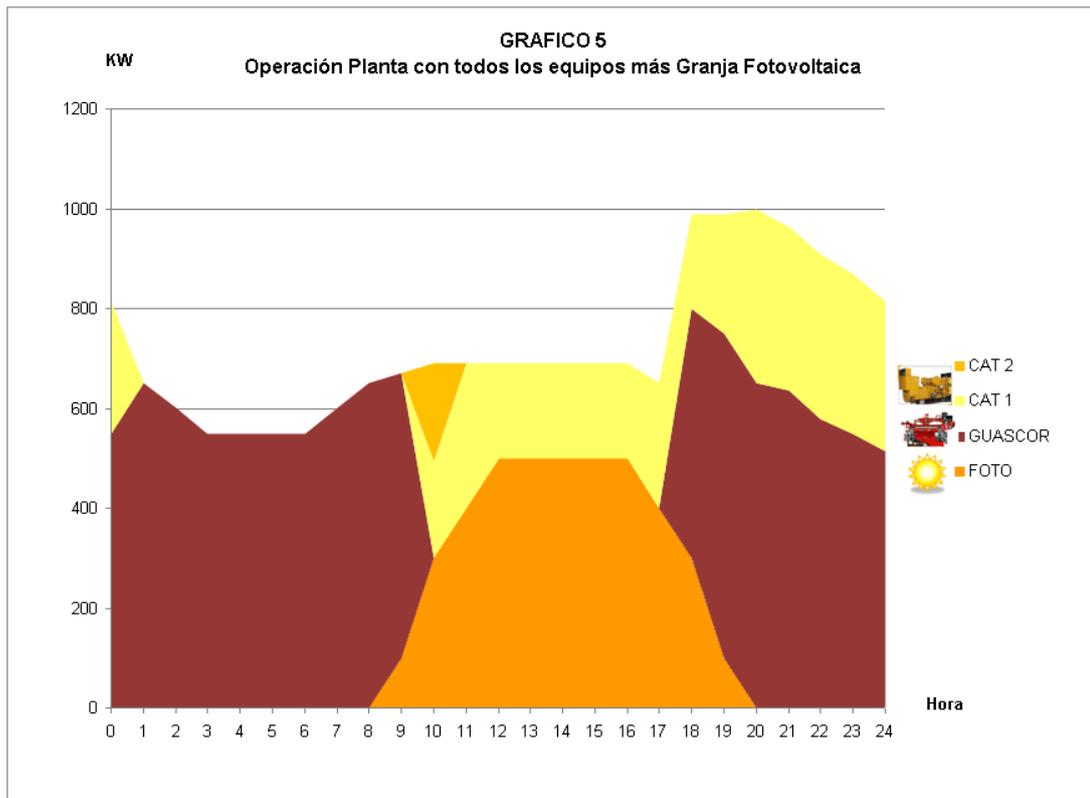
**iii. Demanda Actual con la Operación de dos Equipos GUASCOR más Aporte de la Granja Fotovoltaica de 500 KW.**



En este caso volvemos a tener los mismos cuatro problemas del punto i) ya que la potencia de la Granja Fotovoltaica es entregada sólo durante las horas del día, por lo que no cubre las horas punta, ya que su entrega está supeditada a la existencia de radiación solar. Además, agrega un quinto problema al sistema de generación de CESP; la granja durante su máxima entrega de potencia, obliga a operar a los generadores aún más por debajo de sus óptimos de carga, lo que provoca un aumento de consumo de combustible por kWh generado y un mayor desgaste de la maquinaria.

**iv. Demanda Actual con la Operación de dos Generadores GUASCOR y dos Generadores CAT más el Aporte de la Granja Fotovoltaica de 500KW.**

En este caso, se solucionan todas las problemáticas anteriores, excepto la incertidumbre del abastecimiento de GNL desde Argentina.



Luego de observar los casos anteriormente expuestos, podemos concluir preliminarmente que la recuperación o reemplazo de los equipos defectuosos de la planta de CESP A es una condición que permite solucionar los problemas ocasionados por la falta de mantenimiento de los generadores y de su uso muy por fuera del rango de cargas óptimas (Tabla N° 4). Además de permitir la operación de la Granja Fotovoltaica proyectada con un adecuado respaldo. Tras la realización de esta mejora el único problema que persiste es el de la incertidumbre del abastecimiento del combustible para la generación.

A continuación, se presenta la tabla de rangos óptimos de los grupos instalados en la casa de Fuerza.

**Tabla Nº 4**  
**Potencias de Generadores CESPA**

Marca	Modelo	Potencias CONTINUAS			Rangos de Potencias		
		KVA	KW	KW2600 msnm	50%	75%	100%
Guascor 1	SFGLD560/55	1196	957	765,44	382,72	574,08	765,44
Guascor 2	SFGLD560/55	1196	957	765,44	382,72	574,08	765,44
CAT 1	3508	600	480	384	192	288	384
CAT 2	3508	600	480	384	192	288	384

## **b) Mantención de la Potencia Instalada en Actual Planta CESP.A.**

La planta a gas es actualmente la principal fuente de abastecimiento energético de SPA y Toconao. El diseño preliminar la proyecta como la planta generadora que satisface completamente la demanda actual operando sus generadores en status continuo, sin limitación de horas anuales de operación.

La mantención de la potencia instalada en la central generadora a gas está justificada, por la operación en rangos óptimos de carga de los generadores, la posibilidad de realizar mantenciones sin afectar la entrega de energía al sistema de SPA, la cobertura del total de la demanda del sistema y la posibilidad de operación armónica junto a la Granja Fotovoltaica, además, de permitir la diversificación de la matriz energética, operar con costos de combustible actualmente menores y de ser una forma de generación menos contaminante que la generación a diesel.

Para evaluar la eventual reparación y recuperación de los equipos CAT a gas natural existentes en la planta, se solicitó a empresa FINNING Chile, representante de CAT, la cotización por este concepto, las cuales se adjuntan a este informe.

Luego del análisis de estas cotizaciones, se determinó no recuperar los equipos CAT a gas natural existentes en la planta por el alto costo de las reparaciones y tomar resguardo frente a la incertidumbre de la disponibilidad de gas natural en el futuro y a la evolución de su precio. Por lo tanto, sólo se mantendrán como fuentes generadoras los dos (2) equipos Guascor, funcionando en paralelo y sincronizados entre sí, de modo que juntos logren cubrir la actual demanda de energía.

La sincronización entre los equipos Guascor y todas las reparaciones a sus sistemas de control, gobernadores etc., es responsabilidad de CESP.A. El presente estudio no contempla desarrollar una solución técnica valorizada. Las soluciones que aquí se plantean, parten de la base de contar con los equipos Guascor operando en paralelo y de manera sincronizada.

La compra de equipos nuevos a gas que reemplacen a los generadores existentes no operativos no se evaluó ya que, además de las razones antes expuestas, actualmente no existen unidades de ese tamaño disponibles en el país.

La incorporación de otros generadores a combustible diesel será evaluada en capítulos posteriores del presente informe.

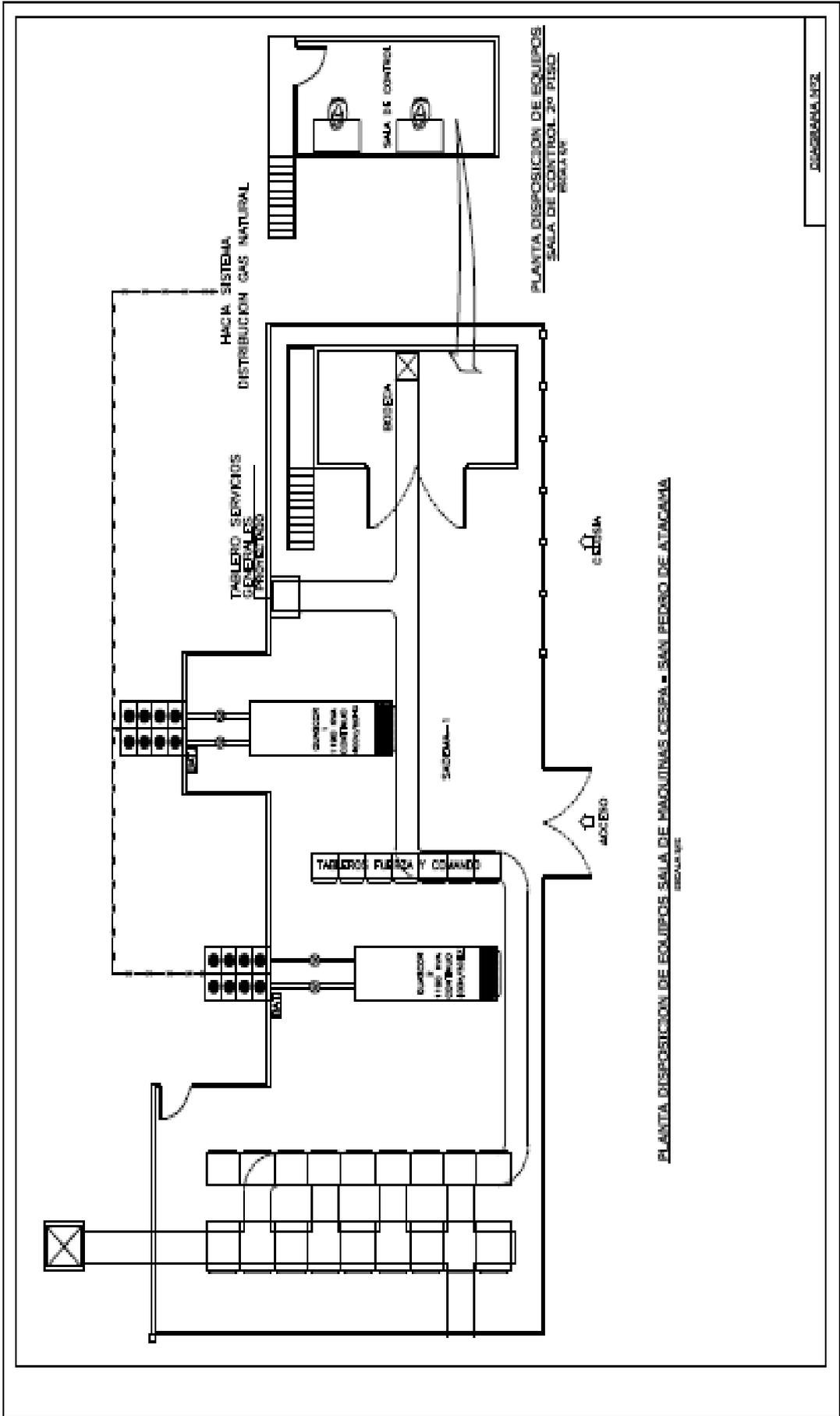
A continuación, la tabla N° 5, presenta un resumen de los usos recomendados para los equipos existentes:

**Tabla N° 5**  
**Usos Propuestos para Generadores Existentes**

<b>Localización</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Uso Propuesto</b>
Central GN	Guascor 1	SFGLD560/55	Mantener y efectuar reparaciones para sincronismo y paralelismo
Central GN	Guascor 2	SFGLD560/55	Mantener y efectuar reparaciones para sincronismo y paralelismo
Central GN	CAT 1	3508	Dar de baja, retirar de Sala de Máquinas.
Central GN	CAT 2	3508	Dar de baja, retirar de Sala de Máquinas
Planta Osmosis	CAT	3406-320	Mantener como respaldo para la planta de agua, en caso de un eventual aumento de demanda.
Planta Osmosis	Lureye/Volvo	TWD710G	Reparar para respaldo de la operación en una eventual compra de nuevo modulo de osmosis.
Condeduque	CAT	3406	Dar de baja. Costo de la puesta a punto y sincronización muy alto.
Condeduque	Cummins	3286A-1288A	Dar de baja.
Condeduque	Cummins	741RSL2068BP-224	Cesar arrendamiento.

A continuación, en el diagrama N° 2, se muestra la planta generadora a gas incluyendo las anteriores recomendaciones de uso de los equipos incluyendo una sala de control y bodega en su interior en el espacio actualmente ocupado por los equipos CAT recomendados para dar de baja.

Diagrama N° 2  
Planta Generación CESPA  
Reacondicionada e Incluyendo Sala de Control



## 6. Recomendaciones de Equipos Adicionales.

Para eliminar el problema de la incertidumbre por falta de gas en el futuro, permitir las mantenciones de los equipos Guascor y hacer más robusto el sistema eléctrico de SPA, teniendo en cuenta además, el crecimiento de la demanda eléctrica, se propone la siguiente alternativa.

Invertir en una planta generadora móvil a diesel que opere como respaldo de la planta recuperada y reacondicionada de CESPAA, es decir, los dos generadores Guascor operativos al 100%.

Esta planta estaría compuesta por dos (2) generadores instalados en gabinetes móviles que en potencia prime, inyecten conjuntamente al sistema eléctrico de SPA 800 kW. Las potencias individuales de cada uno de los generadores deberá ser de aproximadamente 400 kW incluido el derrateo, de modo que facilite la distribución de cargas y les permita trabajar siempre dentro de su rango óptimo. Además, el diseño incluye la planta física para adicionar dos (2) unidades extras al sistema si fuese necesario en el futuro.

El carácter móvil de la planta permitirá hacer menos inversiones en obras civiles y mantendrá la opción de traslado de la misma, frente a la eventual llegada del Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) a la zona. Así también hará más expedito el traslado de los generadores frente a necesidades de reparaciones mayores o reemplazo de los mismos. Por último, esta característica hace más fácil el aumento de capacidad de la planta si la demanda así lo requiere.

La inversión en equipos generadores contempla la compra de dos (2) grupos, configuración que permite la operación de la central eléctrica cubriendo la demanda proyectada para el verano del próximo año (2010) y entrega un respaldo ante la eventual falla de uno de los equipos Guascor.

La solución planteada dejará las facilidades necesarias para recibir a otros dos (2) generadores, otorgando la posibilidad de respaldar la planta a gas ante la eventualidad del desabastecimiento o falla de los equipos Guascor.

A continuación se presenta un análisis de los escenarios de operación de equipos adicionales para la demanda actual y demanda proyectada de 2010.

## 7. Escenarios de Operación de Equipos GUASCOR y Equipos Adicionales para la Demanda 2009.

### i. Demanda Actual con Operación de un Grupo GUASCOR y un Equipo Diesel Adicional.

La demanda actual con una operación compuesta por un grupo GUASCOR y planta diesel adicional, puede ser analizada a partir de la representación de los datos de la tabla N° 6 en el gráfico N° 6.

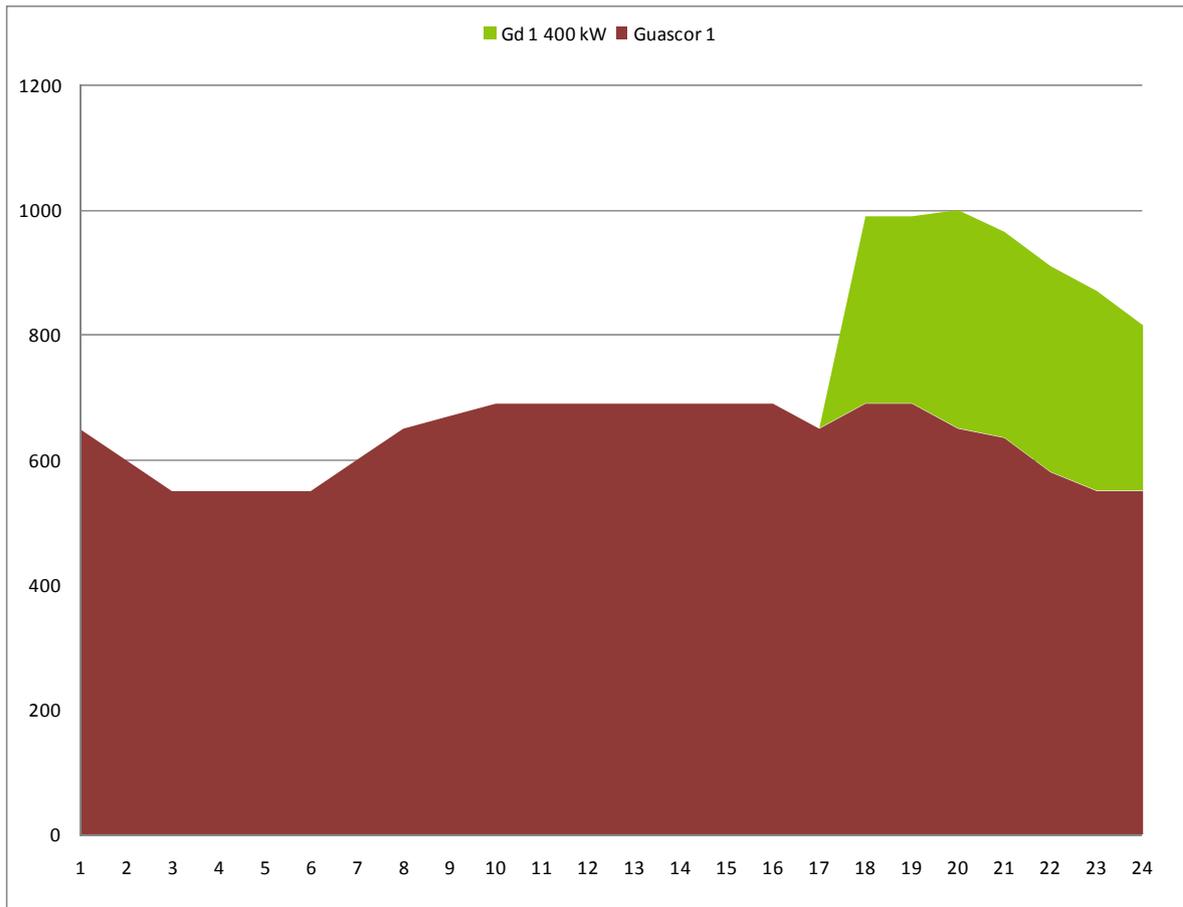
Cabe destacar que un equipo GUASCOR y uno diesel, permanecerán como respaldo de la operación.

**Tabla N° 6**

**Datos de Operación por Grupo GUASCOR y Diesel**

Hra	 Foto	Planta Gas				Diesel		Dda
		Guascor		CAT		kW	kW	
		1	2	1	2	400	400	
1	Fuera de Servicio	650						650
2		600						600
3		550						550
4		550						550
5		550						550
6		550						550
7		600						600
8		650						650
9		670						670
10		690						690
11		690						690
12		690						690
13		690						690
14		690						690
15		690						690
16		690						690
17		650						650
18		690					300	990
19		690					300	990
20		650					350	1000
21		635					330	965
22		580					330	910
23		550					320	870
24		550					265	815

**Gráfico N° 6**  
**Operación por Grupo GUASCOR y Diesel**



La demanda 2009 se logra cubrir en hora valle con la operación de un equipo GUASCOR y en hora punta con la operación de un equipo adicional de 400 kW.

Lo anterior permite realizar la mantención adecuada a los equipos GUASCOR, pues siempre existirá uno de estos de respaldo y de manera adicional, los dos (2) equipos diesel respaldarán la potencia del GUASCOR.

**ii. Demanda Actual con Operación de Grupo GUASCOR, Planta Diesel Adicional y Granja Fotovoltaica.**

La demanda actual con una operación compuesta por grupo GUASCOR, planta diesel adicional y Granja Fotovoltaica, puede ser analizada a partir de los datos expuestos en la tabla N° 7 y su representación en el gráfico N° 7.

Cabe destacar que un equipo GUASCOR y uno diesel, permanecerán sólo de respaldo de la operación.

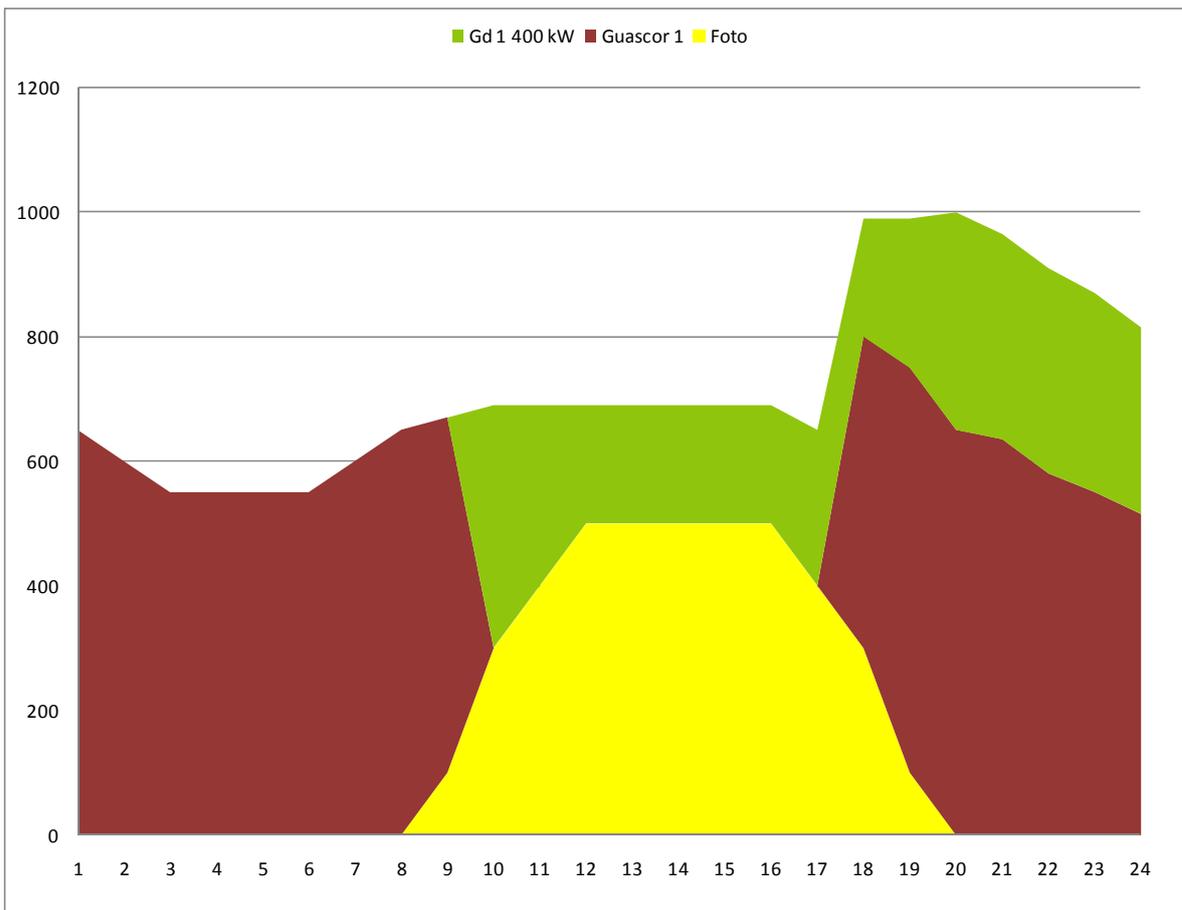
**Tabla N° 7**

**Datos de Operación por Grupo GUASCOR y Diesel y Fotovoltaico**

Hra	Foto	Planta Gas				Diesel		Dda
		Guascor 1	Guascor 2	CAT 1	CAT 2	kW 400	kW 400	
1		650						650
2		600						600
3		550						550
4		550						550
5		550						550
6		550						550
7		600						600
8		650						650
9	100	570						670
10	300					390		690
11	400					290		690
12	500					190		690
13	500					190		690
14	500					190		690
15	500					190		690
16	500					190		690
17	400					250		650
18	300	500				190		990
19	100	650				240		990
20		650				350		1000
21		635				330		965
22		580				330		910
23		550				320		870
24		515				300		815

**Gráfico N° 7**

**Datos de Operación por Grupo GUASCOR y Diesel y Fotovoltaico**



Este tipo de operación permite operar los equipos GUASCOR dentro de sus rangos de carga óptimos, ya que el equipo diesel satisface la diferencia no cubierta por la granja durante las horas valle.

## **8. Escenarios de Operación de Equipos GUASCOR y Equipos Adicionales para la Demanda Media Estimada en el Verano 2010.**

La demanda eléctrica estimada por el centro de energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile para el verano del año 2010 hace uso de los siguientes supuestos:

- Conexión de todas las solicitudes pendientes a partir del 1° de Enero.
- 12,1 % de crecimiento del consumo residencial.
- 8,8% de crecimiento del consumo comercial.
- La participación del consumo residencial corresponde a un 78,5 % mientras que el consumo comercial a un 21,5%
- La planta de Tratamiento de Agua Potable, tiene un crecimiento de 55,18 kW más pérdidas en transmisión.
- La planta de Tratamiento de Aguas Servidas tiene un crecimiento de 12 kW más pérdidas en transmisión.

Con estos supuestos establecidos, podemos simular la operación de la planta generadora para distintos escenarios.

**i. Demanda Verano 2010 con Operación de Grupos GUASCOR.**

La tabla N° 8 muestra la distribución de cargas en el caso de trabajar sólo con dos (2) equipos GUASCOR considerando la demanda 2010.

**Tabla N° 8**

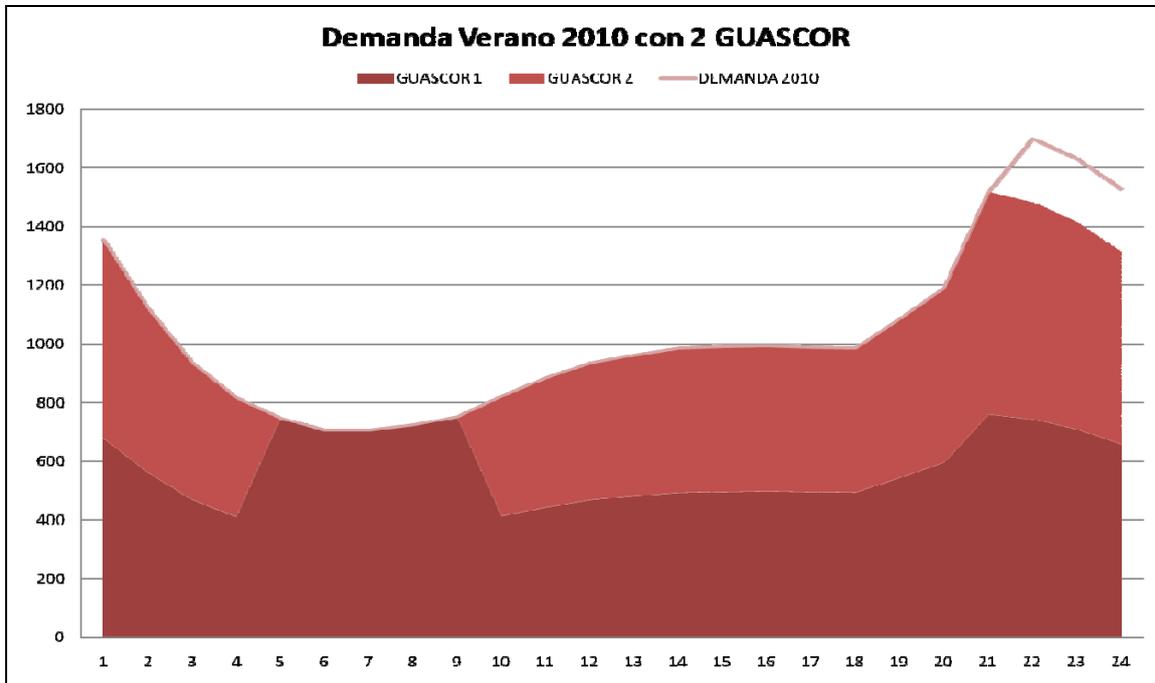
**Cargas para Equipos GUASCOR**

Hra	 Granja	Planta Gas				Dda
		Guascor		CAT		
		1	2	1	2	
1		561	561			1121
2		468	468			935
3		408	408			817
4		747	0			747
5		706	0			706
6	F	706	0	F	F	706
7	u	723	0	u	u	723
8	e	750	0	e	e	750
9	r	411	411	r	r	822
10	a	441	441	a	a	883
11	d	466	466	d	d	933
12	e	480	480	e	e	960
13	S	492	492	S	S	983
14	e	494	494	e	e	988
15	r	496	496	r	r	991
16	v	494	494	v	v	988
17	i	492	492	i	i	984
18	c	542	542	c	c	1085
19	i	595	595	i	i	1190
20	o	758	758	o	o	1516
(**)	21	742	742			1484
(**)	22	707	707			1415
(**)	23	657	657			1313
	24	677	677			1355

(\*\*) Requiere desconexión de Planta de Tratamiento de Agua Potable 215 kW

Este caso también puede apreciarse representado en el siguiente gráfico.

**Gráfico N° 8**



Según el gráfico anterior, los dos (2) equipos GUASCOR no logran satisfacer la demanda proyectada en sus horas punta, lo que obliga la desconexión de la Planta de Agua Potable. Además, este tipo de operación no permite la mantención ni falla de ninguno de los dos (2) equipos y obliga operar a los equipos GUASCOR por debajo de su óptimo de carga.

**ii. Demanda Verano 2010 con Operación de Equipos GUASCOR y Grupo Diesel Adicional.**

La tabla N° 9 muestra un estimado de la distribución de las cargas para las plantas a gas y diesel.

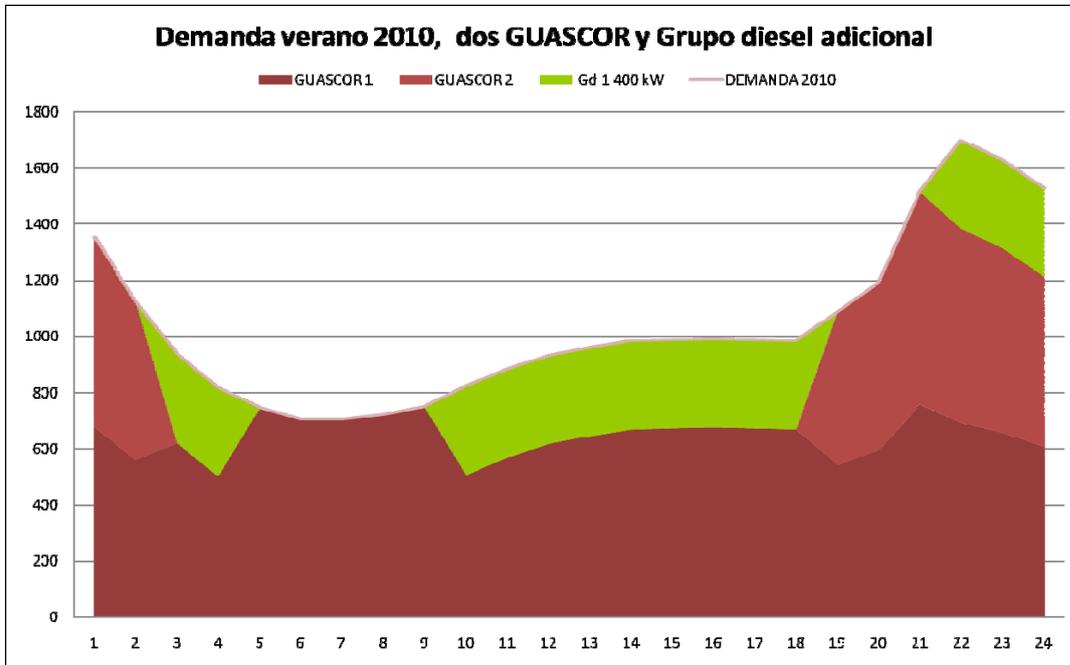
**Tabla N° 9**

**Cargas para Equipos GUASCOR y Diesel**

Hra	Foto	Planta Gas				Dda	Diesel	
		Guascor		CAT			KW	KW
		1	2	1	2		400	400
1	 Fuera de Servicio	561	561			1121		
2		620				935	315	
3		502				817	315	
4		747				747		
5		706				706		
6		706				706		
7		723				723		
8		750				750		
9		507				822	315	
10		568				883	315	
11		618				933	315	
12		645				960	315	
13		668				983	315	
14		673				988	315	
15		676				991	315	
16		673				988	315	
17		669				984	315	
18		542	542			1085		
19		595	595			1190		
20		758	758			1516		
21		692	692			1699	315	
22		657	657			1630	315	
23		607	607			1528	315	
24		677	677			1355		

Este caso también puede apreciarse desplegado en el siguiente gráfico.

**Gráfico N° 9**



En este modo de operación se logra operar con los equipos GUASCOR y diesel dentro de sus rangos óptimos de carga, así también permite que existan fallas y mantenciones de uno de los equipos.

**iii. Demanda Verano 2010 con Operación Equipos GUASCOR, Planta Diesel y Granja Fotovoltaica.**

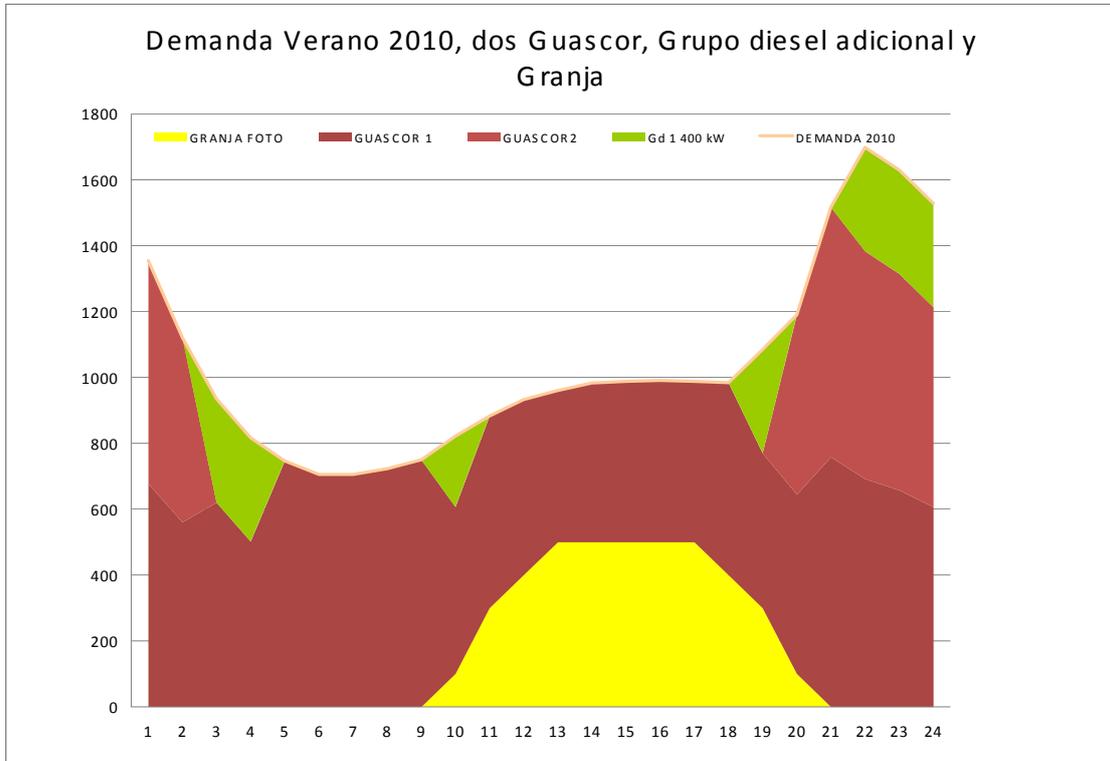
**Tabla N° 10**

**Datos de Operación para Equipos GUASCOR, Diesel y Granja Fotovoltaica con Demanda 2010.**

Hra	 Foto	Planta Gas				Dda	Diesel	
		Guascor		CAT			KW 400	KW 400
		1	2	1	2			
1		561	561			1121		
2		620				935	315	
3		502				817	315	
4		747				747		
5		706				706		
6		706		F	F	706		
7		723		u	u	723		
8		750		e	e	750		
9	100	507		r	r	822	215	
10	300	583		a	a	883		
11	400	533		d	d	933		
12	500	460		e	e	960		
13	500	483		S	S	983		
14	500	488		e	e	988		
15	500	491		r	r	991		
16	500	488		v	v	988		
17	400	584		i	i	984		
18	300	470		c	c	1085	315	
19	100	545	545	i	i	1190		
20		758	758	o	o	1516		
21		692	692			1699	315	
22		657	657			1630	315	
23		607	607			1528	315	
24		677	677			1355		

Gráfico demanda verano 2010, dos (2) Guascor, un grupo diesel adicional y la Granja Fotovoltaica.

**Gráfico N° 10**



Este modo permite la entrada en operación de la Granja Fotovoltaica sin que ella obligue a los grupos generadores trabajar por debajo de sus rangos óptimos de operación. Además permite el respaldo por detenciones debido a mantenciones o fallas.

## 9. Soluciones Propuestas por Empresas Proveedoras de Equipos de Generación.

A continuación, se presentan las propuestas ofertadas por las empresas proveedoras de sistemas de generación.

### i. Propuesta Empresa FINNING.

Esta empresa propone la entrega en Santiago de equipos de 591 kVA cada uno con sus respectivas cabinas insonorizadas, tablero de transferencia con sincronismo, panel de control y breaker de conexión (interruptores). En modalidad prime esta oferta aportaría 765 kW al sistema.

Esta empresa entregó la posibilidad de escoger entre dos (2) modelos diferentes de generadores, se realizaron todas las evaluaciones y finalmente sólo se ha considerado el primero de ellos, por ser el más adecuado para satisfacer la demanda del proyecto.

Las características de los generadores, se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 11**

#### **Potencias de Generadores Propuesta FINNING**

Marca	Modelo	Potencias PRIME			Rangos de Potencias		
		KVA	KW	KW 2600 msnm	50%	75%	100%
CAT	C18 591	591	473	382,5	210	315,6	382,5
CAT	3406 365	365	292	236,3	130	194,9	236,3

\* Se adjunta al informe las fichas técnicas de los equipos propuestos.

### ii. Propuesta Empresa CUMMINS.

Esta empresa propone la entrega en Santiago de dos (2) generadores iguales de 625 KVA cada uno que aportarían al sistema eléctrico de SPA 780 kW en total. La oferta incluye además, una unidad de paralelismo para; el generador en operación, la planta de respaldo y la Granja fotovoltaica. También ofrecen una barra común para sincronizar la planta de respaldo con el generador en operación actual (GUASCOR 1) y un panel de control para cada transferencia.

El detalle de las potencias del generador de esta propuesta se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla N° 12**

**Potencias de Generadores Propuesta CUMMINS**

Marca	Modelo	Potencias PRIME			Rangos de Potencias		
		KVA	KW	KW2600 msnm	50%	75%	100%
Cummins	DQCA 545	625	500	390	195	292,5	390

\* Se adjunta al informe las fichas técnicas de los equipos propuesto.

**iii. Propuesta Empresa DETROIT.**

La empresa Detroit, representante de los equipos Guascor, propone la entrega en Santiago de dos (2) generadores iguales de 500 kVA cada uno de la marca también representada MTU, que aportarían al sistema eléctrico de SPA 800 kW en total.

El suministro para el presente proyecto incluye el suministro tanto de los grupos generadores, que se entregarán bajo una configuración modular de manera de facilitar su traslado, la instalación y conexión, y el sistema de gestión y control para la planta completa, así como una asesoría permanente para la instalación de los equipos y la puesta en marcha de todo el sistema sin costo adicional.

Cabe destacar que este proveedor señala que sus equipos están configurados de tal manera que no se debe aplicar derrateo.

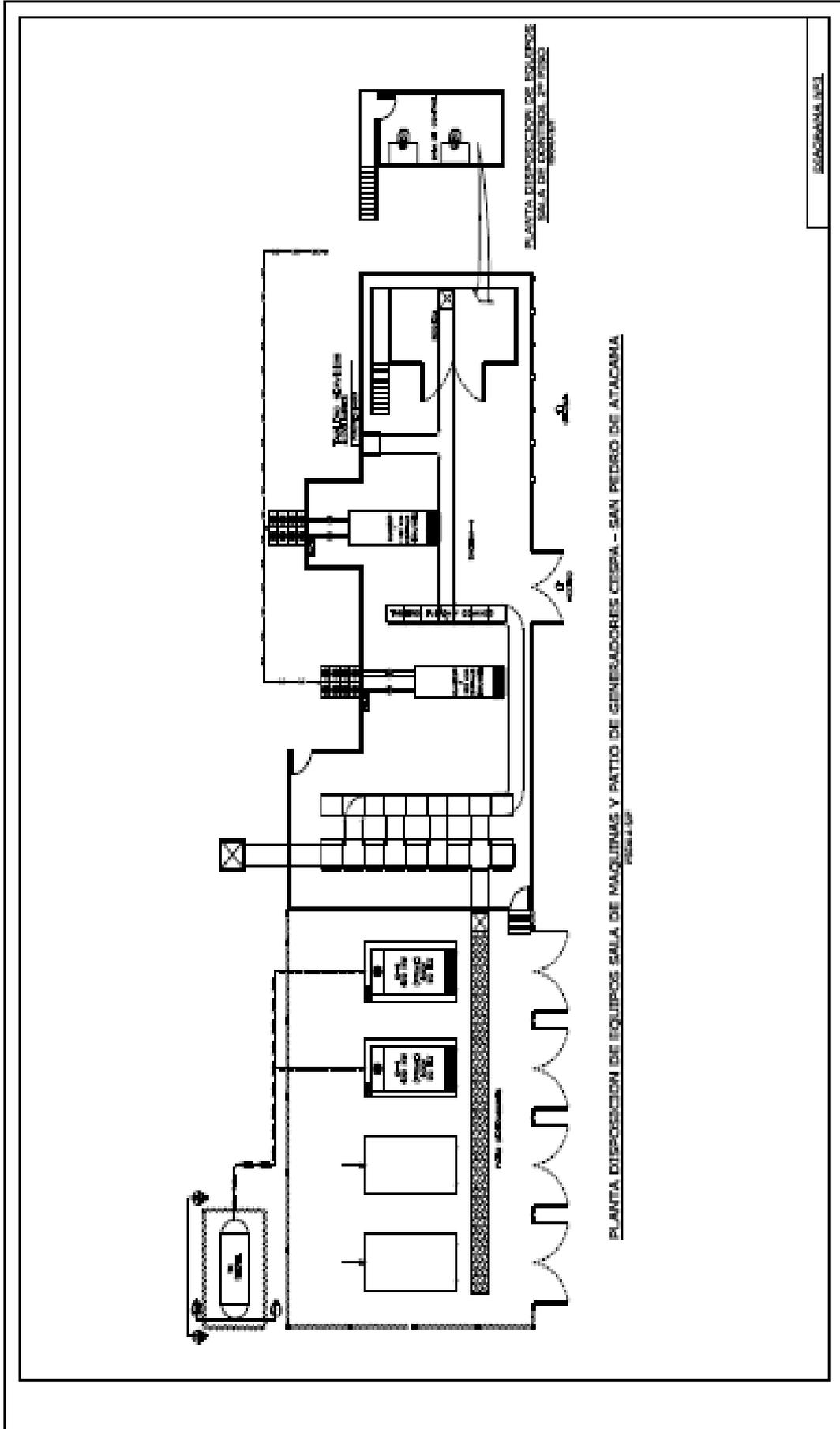
**Tabla N° 13**

**Potencias de Generadores Propuesta DETROIT**

Marca	Modelo	Potencias PRIME		Rangos de Potencias		
		KVA	KW	50%	75%	100%
MTU	500RVC6DT2	500	400	200	300	400

En el diagrama N° 3, se aprecia el nuevo diseño de sala de máquinas reacondicionada, con equipos adicionales.

Diagrama N° 3  
SADEMA Reacondicionada con Equipos Adicionales



## 10. Costos de Generación

### a) Datos de Costos de Generación Previo a Julio de 2009

De la recopilación de facturas recibidas por CESP, emitidas por el distribuidor de gas Distrinor, desde Enero 2008 a Julio de 2009.

Así se reconstituyó el costo de generación por concepto de gas y el consumo promedio de un generador GUASCOR.

La tabla N° 14, muestra los costos por m<sup>3</sup> de gas para el año 2008.

**Tabla N° 14**

**Tabla: Costo generación a Gas 2008**

	<b>M3</b>	<b>\$/US</b>	<b>US/M3</b>	<b>\$/M3</b>	<b>Total \$</b>	<b>Total US</b>
Ene-08	91.477,10	465,3	0,194	90,27	8.257.493	17.747
Feb-08	58.288,21	458,02	0,194	88,89	5.179.249	11.312
Mar-08	112.845,58	437,71	0,194	84,92	958.265	21.892
Abr-08	130.420,35	459,16	0,194	89,08	11.617.460	25.302
May-08	115.345,16	479,66	0,194	93,05	10.733.333	22.377
Jun-08	112.001,20	520,14	0,194	100,91	11.301.711	21.728
Jul-08	124.896,20	502,78	0,195	98,04	12.245.086	24.355
Ago-08	67.162,43	516,47	0,195	100,71	6.764.037	13.097
Sep-08	87.454,52	552,47	0,195	107,73	9.421.619	17.054
Oct-08	87.613,53	664,96	0,195	129,67	11.360.602	17.085
Nov-08	116.506,70	659,43	0,195	128,59	14.981.465	22.719
Dic-08	117.346,15	629,11	0,516	324,62	38.092.994	60.551
Dic-08	<b>Imppto argentino</b>	638,04			<b>189.265.955</b>	<b>296.637</b>
				<b>Total 2008</b>	<b>330.179.269</b>	<b>571.853</b>

En esta tabla se puede observar que el precio del m<sup>3</sup> de gas durante el año 2008 se mantuvo constante en US\$ 0,195 hasta noviembre, momento en que se le aplicó un alza en el precio y los impuestos aplicados de forma inesperada, generando una enorme incertidumbre en sus valores.

El impuesto cobrado por Distrinor corresponde a un ajuste de la tasa de impuestos cobrada por el gobierno argentino sobre las exportaciones de gas natural.

No se pudo establecer el rendimiento del único generador Guascor en operación en este año, pues no hay registros suficientes para estimar la cantidad de kWh generados al mes, durante el año 2008.

La tabla N° 15, muestra los costos por m<sup>3</sup> de gas del año 2009.

**Tabla N° 15**

**Tabla: Costo generación a gas 2009 de 420.000 kWh mensuales**

	M3	\$/U\$	U\$/M3	\$/M3	Total \$	Total U\$	M3/kWh
Ene-09	117.593,00	612,43	0,539	330,1	38.817.424	63.382	0,280
Feb-09	109.054,24	595,76	0,402	239,5	26.117.999	43.840	0,260
Mar-09	107.875,63	582,1	0,402	234,0	25.243.349	43.366	0,257
Abr-09	116.261,80	588,62	0,402	236,6	27.510.474	46.737	0,277
May-09	114.458,34	564,64	0,424	234,9	26.897.516	48.537	0,273
Jun-09	120.220,86	529,07	0,506	267,7	32.184.257	60.832	0,286
Jul-09	131.222,00	541,9	0,466	252,5	33.136.957	61.150	0,312
						<b>Promedio</b>	<b>0,278</b>

En la tabla N° 15, se puede apreciar que los valores del m<sup>3</sup> de gas se ha mantenido relativamente constante luego del alza observada en diciembre de 2008. Además, se puede inferir que el consumo promedio de un generador Guascor para 420.000 kWh mensuales alcanzó a los 0,278 m<sup>3</sup>/kWh.

**Tabla N° 16**

**Proyección Diesel Paridad años 2009 – 2012**

Año	Diesel Paridad US\$/m3	Precio Diesel Antof. \$/lt.	Precio Diesel Antof.\$/lt. S/Imptos.	Precio Diesel SPA \$/lt.S/Imptos
2009	447,99	520,89	391,35	401,92
2010	521,76	610,99	466,09	605,91
2011	542,19	635,95	485,64	631,33
2012	600,92	707,67	544,20	707,46

Fuente: CNE

## b) Costos de Generación para Demanda 2009

Para establecer los costos de generación para cada uno de los escenarios posibles para la demanda actual, se realizó la siguiente tabla que muestra los consumos y costos en cada escenario de operación para los distintos equipos disponibles y proyectados.

Tabla N° 17

## Comparativa de Costos de Generación Mensuales Demanda 2009

	Guascor	Guascor CAT	Guascor CAT Granja	Guascor CUMMINS	Guascor CUMMINS Granja	Guascor MTU	Guascor MTU Granja
M3 Gas	145.470	120.768	83.970	120.768	83.970	120.768	83.970
Lts Diesel	0	33.837	25.989	37.842	28.908	27.363	20.946
(*) Costo Gas \$	35.421.945	29.407.008	20.446.695	29.407.008	20.446.695	29.407.008	20.446.695
(**)Costo Diesel \$	0	13.599.758	10.445.492	15.209.446	11.618.695	10.997.729	8.418.611
<b>Total \$</b>	<b>35.421.945</b>	<b>43.006.766</b>	<b>30.892.187</b>	<b>44.616.454</b>	<b>32.065.390</b>	<b>40.404.737</b>	<b>28.865.306</b>
<b>\$/kWh</b>	<b>68</b>	<b>82</b>	<b>59</b>	<b>85</b>	<b>61</b>	<b>77</b>	<b>55</b>
(*) \$/M3 gas	243,5	\$/U\$	550	kWh Mensuales	523.200		
(**) \$/lts diesel	401,92	U\$/M3	0,449				

De la tabla anterior podemos concluir que la generación de electricidad con la combinación de combustibles: Gas, Diesel y Energía Solar, utilizando los generadores diesel marca MTU de Detroit es la de menor costo, en relación a cualquier otra configuración o marca de motores. Además podemos inferir que los grupos generadores MTU de Detroit son los más eficientes en cuanto a rendimiento de combustible, lo que incide directamente en el costo del precio del kWh.

Cabe mencionar que los costos del kWh antes calculados son una estimación que sólo incluye el costo del combustible utilizado, sin tomar en cuenta costos de mantención y operación de las plantas, como tampoco considera la amortización de las inversiones requeridas para la operación.

Esto se puede ratificar al observar la tabla de rendimientos por equipo, en la que los motores diesel marca MTU distribuidos por Detroit, obtienen el mejor rendimiento.

Tabla N° 18

## Comparación de Rendimientos de Consumo por Marca.

Marca	KVA	Consumo Lts/hra		
		50%	75%	100%
CAT	591	63,3	90,3	121,3
Cummins	625	70,4	101,8	133,6
MTU	500	51,2	73,5	96,4

Según el proveedor de los equipos MTU, Detroit, este mayor rendimiento es obtenido porque sus equipos están configurados para no ser afectados por la altura, por lo que no es necesario restarle un derrateo por este concepto, haciendo posible la utilización de motores de menor potencia, con los consecuentes ahorros de consumo de diesel.

### **c) Costos Proyectados de Generación para Demanda 2010.**

Para realizar una comparación en términos de costos de generación y precio final del kWh, se realizó una simulación de distribución de cargas de la demanda proyectada para el año 2010 con diferentes escenarios de equipos disponibles para las distintas marcas de generadores cotizados. Los escenarios evaluados fueron los siguientes:

- 1) Operación sólo con dos (2) equipos Guascor.
- 2) Operación con dos (2) equipos Guascor y dos (2) equipos Diesel adicionales.
- 3) Operación de dos (2) grupos Guascor, dos (2) grupos diesel adicionales y Granja Fotovoltaica.

El precio del m<sup>3</sup> gas se estimó de la siguiente manera:

- Para el año 2010 se utilizaron los precios observados durante el presente año entregados por CNE, pues ellos estiman que los precios de este año se mantendrán para el 2010. A estos precios se les asignó un margen de 20% para el distribuidor, margen que se determinó a partir de las facturas emitidas a CESPAA en el presente año.
- Para el año 2011 se asignó un impuesto de US\$ 17/MMBTU al precio observado en 2009, lo que significa un costo de US\$ 24/MMBTU.
- Para el año 2012 se igualó el precio del Diesel al del m<sup>3</sup> de gas ya que CNE estima que ambos combustibles igualarán sus precios en el futuro.

Para la estimación del costo de la generación en base a diesel se utilizaron los precios del litro de diesel en Antofagasta netos libre de impuesto específico, valor entregado por la CNE, más un 30% de recargo por concepto transporte a SPA.

En tabla N° 19, se puede observar una comparación de costos mensuales de generación para dos (2) escenarios; gas-diesel y gas-diesel-solar, cada uno para las diferentes marcas de grupos de generación a combustible diesel.

**Tabla N° 19**

**Proyección Costos Mensuales de Generación**

Año	Guascor CAT	Guascor CAT Granja	Guascor Cummins	Guascor Cummins Granja	Guascor MTU	Guascor MTU Granja
2010	\$ 64.837.424	\$ 49.210.884	\$ 67.763.977	\$ 50.599.633	\$ 60.562.113	\$ 47.164.115
2011	\$ 107.672.872	\$ 87.901.882	\$ 110.725.640	\$ 89.352.033	\$ 103.221.637	\$ 85.772.384
2012	\$ 148.443.413	\$ 123.871.699	\$ 151.860.444	\$ 125.493.198	\$ 143.451.576	\$ 121.481.900

De la tabla anterior, podemos obtener las siguientes conclusiones:

- 1) El escenario que incluye una Granja Fotovoltaica, siempre es el que presenta menores costos de generación. La anterior afirmación, no se verá afectada por fluctuaciones en los precios de los combustibles, sean éstas de gas o diesel. Esto debido a que incluyen una importante cantidad de kWh generados a costo cero por concepto de combustible, ya que son generados a partir de la energía solar .
- 2) Del análisis de rendimiento de las diferentes marcas, se aprecia que la marca MTU, es la de menor consumo para ambos escenarios.

En la tabla N° 20, es fácil ver que las conclusiones anteriores, permanecen invariables al calcular el costo del kWh, donde siempre se obtiene el menor costo con la alternativa de generación fotovoltaica.

También es posible observar, que el menor costo de generación es obtenido por los generadores MTU, alcanzando los US\$63/kWh.

**Tabla N° 20**

**Precio kWh por Año para Demanda 2010**

Año	Guascor CAT	Guascor CAT Granja	Guascor Cummins	Guascor Cummins Granja	Guascor MTU	Guascor MTU Granja
2010	\$ 86	\$ 66	\$ 90	\$ 67	\$ 81	\$ 63
2011	\$ 143	\$ 117	\$ 147	\$ 119	\$ 137	\$ 114
2012	\$ 198	\$ 165	\$ 202	\$ 167	\$ 191	\$ 162

# 11. Plan de Inversiones

## a) Obras Civiles, Equipamiento y Capacitación.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID.	PRECIO UNIT. (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
<b>1.-</b>	<b>OBRAS PLANTA EXISTENTE</b>				
1.1	Sistema de ventilación	1	GI	3.600.000	3.600.000
1.2	Trincheras de canalizaciones	40	ml	340.000	13.600.000
1.3	Canalización iluminación general	1	GI	1.200.000	1.200.000
1.4	Equipos de Iluminación	8	CU	60.000	480.000
1.5	Canalización y cableado iluminación de emergencia	1	GI	400.000	400.000
1.6	Equipos de Iluminación de emergencia	3	CU	350.000	1.050.000
1.7	Canalización y cableado tableros de trabajo	1	GI	800.000	800.000
1.8	Tableros de trabajo	3	CU	280.000	840.000
1.9	Canalización,cableado y artefactos enchufes de servicio	1	GI	400.000	400.000
1.9	Canalización,cableado y artefactos red inerte	1	GI	700.000	700.000
1.10	Canalización y cableado iluminación exterior	1	GI	4.000.000	4.000.000
1.11	Equipos de Iluminación exterior	3	CU	80.000	240.000
1.12	Reparación de forro exterior	1	GI	1.600.000	1.600.000
1.13	Mejoramiento de Accesos	1	GI	10.000.000	10.000.000
1.14	Obras Varias	1	GI	4.000.000	4.000.000
					<b>42.910.000</b>
<b>2.-</b>	<b>AMPLIACIÓN SALA DE MÁQUINAS</b>				
2.1	Radier	72	m2	62.500	4.500.000
2.2	Estructuras	1	GI	6.000.000	6.000.000
2.3	Techumbre	1	GI	4.000.000	4.000.000
2.4	Forro	1	GI	3.000.000	3.000.000
2.5	Terminaciones	1	GI	1.800.000	1.800.000
2.6	Obras Varias	1	GI	2.000.000	2.000.000
					<b>21.300.000</b>
<b>3.-</b>	<b>SALA ELÉCTRICA Y BODEGA (18m2 c/u)</b>				
3.1	Cubículo para Bodega Bodega 6x3 Mtrs.	1	GI	3.600.000	3.600.000
3.2	Cubículo climatizado para sala eléctrica 6x3 Mtrs.	1	GI	5.000.000	5.000.000
3.3	Insonorización cubículo sala eléctrica	1	GI	2.500.000	2.500.000
3.4	Escalera Metálica	1	CU	500.000	500.000
3.5	Iluminación sala de Control	4	CU	100.000	400.000
3.6	Iluminación bodega	2	CU	40.000	80.000
3.7	Instalación eléctrica sala de control	1	GI	1.500.000	1.500.000
3.8	Instalación eléctrica de bodega	1	GI	60.000	60.000
3.9	Tablero de distribución sala de control	1	GI	280.000	280.000
3.10	Mobiliario de bodega y sala de control	1	GI	2.000.000	2.000.000
3.11	Obras Varias	1	GI	1.000.000	1.000.000
					<b>16.920.000</b>
<b>4.-</b>	<b>PLANTA DIESEL ADICIONAL</b>				
<b>4.1</b>	<b>PATIO PLANTA DE RESPALDO DIESEL</b>				
4.1.1	Cerco Perimetral	36	ml	60.000	2.160.000
4.1.2	Poyos	8	CU	250.000	2.000.000
4.1.3	Gravilla	140	m2	8.500	1.190.000
4.1.4	Canalización y cableado de alumbrado	1	GI	300.000	300.000
4.1.5	Equipos de Iluminación	4	CU	80.000	320.000
4.1.6	Malla de protección	1	GI	5.600.000	5.600.000
4.1.7	Obras Varias	1	GI	1.500.000	1.500.000
					<b>13.070.000</b>
<b>4.2</b>	<b>SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b>				
4.3.1	Estanque 20.000 Lts.	1	GI	8.000.000	8.000.000
4.3.2	Cámara de Derrame	1	CU	2.000.000	2.000.000
4.3.3	Bombas de trasvasije y sistema de control de llenado de estanques	1	CU	5.150.000	5.150.000
4.3.4	Obra civil para soportación	1	GI	1.200.000	1.200.000
4.3.5	Cerco perimetral	18	ml	60.000	1.080.000
4.3.6	Gravilla	18	m2	8.500	153.000
4.3.7	Obras Varias	1	GI	2.500.000	2.500.000
					<b>20.083.000</b>
<b>5.-</b>	<b>OBRAS ELÉCTRICAS GENERALES</b>				
5.1	E.P.C. sobre soportes con tapa	18	ml	60.000	1.080.000
5.2	Cableado de fuerza grupos adicionales	1	GI	6.000.000	6.000.000
5.3	Gabinetes de grupos y tablero de sincronismo	6	GI	5.550.000	33.300.000
5.4	Gabinetes de barra de carga	5	CU	4.500.000	22.500.000
5.5	Gabinetes grupos futuros (sólo armario)	2	CU	1.200.000	2.400.000
5.6	Reacondicionamiento cableado de fuerza grupos existentes	1	GI	8.000.000	8.000.000
5.7	Cableado de Control	1	GI	7.000.000	7.000.000
5.8	Cableado de Comunicaciones	1	GI	3.000.000	3.000.000
5.9	Gabinetes de salida	1	GI	12.600.000	12.600.000
5.10	Tablero de servicios auxiliares	1	GI	3.200.000	3.200.000
5.11	U.P.S.	1	CU	1.800.000	1.800.000
5.12	Obras Varias	1	GI	7.000.000	7.000.000
					<b>107.880.000</b>
<b>6.-</b>	<b>MEJORAMIENTO ÁREAS ALEDAÑAS, SEÑALÉTICA Y CAPACITACIÓN</b>				
5.1	Mejoramiento de Estacionamientos y Zonas de Tránsito	1	GI	2.000.000	2.000.000
5.2	Señalética	1	GI	1.200.000	1.200.000
5.3	Elementos de Seguridad	1	GI	300.000	300.000
5.4	Bodega de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas	1	CU	500.000	500.000
5.5	Bodega de Almacenamiento Temporal de Residuos Peligrosos	1	CU	500.000	500.000
5.6	Capacitación	1	CU	1.007.000	1.007.000
					<b>5.507.000</b>
	<b>VALOR TOTAL</b>			<b>\$</b>	<b>227.670.000</b>

## b) Equipos de Generación

Para el diseño de la propuesta económicamente óptima, se cotizó a los proveedores el suministro de dos (2) grupos de generación, que conformarán la planta adicional a instalar la que se sumará e integrará a los equipos existentes y a la Granja Fotovoltaica proyectada.

Las ofertas de las empresas Finning y Detroit fueron ajustadas a las necesidades del proyecto óptimo, a fin de obtener valores para la configuración del sistema de generación y sincronismo del proyecto.

### i. Generadores FINNING

Su cotización inicial fue diseñada para satisfacer una demanda de aproximadamente 1 MW. Esto obligó a realizar ajustes de las especificaciones.

**Tabla N° 21**

**Resumen cotización FINNING, adecuada para dos Generadores de 591 kVA con sus respectivos Tableros de Transferencia con Sincronismo e Interruptores (Breakers) y un adicional para la Granja Fotovoltaica.**

Ítems	Descripción	Precio Total Unitario	Cant.	Precio Total Ítems
1.1	Grupo Generador <b>Caterpillar</b> , USA, Modelo <b>C18-591</b> , de 591 kVA (640 kW) Potencia Prime, 230/400 Volts, 50 Hz, Trifásico, con tablero de Control Digital Power EMCP 3.1, mantenedor de Baterías, calefactor de block, Breker de protección, parada automática exte	85.219,92	2	170.439,84
1.2	Cabina Insonorizada, para equipo Caterpillar C-18-591 kVA, para protección medio externo	11.446,89	2	22.893,78
1.3	Tablero de Transferencia Con Sincronismo. Con controlar DEIF + Breaker de 1200 Amps	24.300,00	3	72.900,00
<b>Sub Total Neto (Sin IVA)</b>		<b>USD</b>		<b>266.233,62</b>

La tabla anterior muestra el resultado de la adición de un tablero de sincronismo y un interruptor (breaker), para incluir a la granja en el sistema de control y sincronismo, a la cotización original de Finning y la resta de los equipos modelo 3406-365 kVA y todos sus componentes asociados.

La cotización completa de esta empresa puede ser encontrada en los Anexos de este informe.

## ii. Generadores CUMMINS

A continuación, se presenta la cotización de la empresa CUMMINS, para dos generadores de 625 kVA, tableros de transferencia con sincronismo e interruptores (breakers) para cada generador y la granja, la que también incluye: un sistema de combustible con estanque principal e individual, cámara de derrame, bomba de trasvasije y sistema de control para llenado de los estanques base.

**Tabla N° 22**

### **Resumen Cotización CUMMINS, dos Generadores**

<b>ÍTEM</b>	<b>PROPUESTA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total USD\$</b>
<b>1</b>	<b>GRUPO ELECTRÓGENO</b>		<b>191.741</b>
1.1	GRUPO ELECTRÓGENO modelo DQCA (500 kW PRIME)	2	168.941
1.2	Cargador de Baterías	2	1.765
1.3	Aisladores de vibración	24	3.388
1.4	Caseta Insonorizada, estanque en la base de 1.500 litros	2	17.647
<b>2</b>	<b>TABLERO DE CONTROL Y FUERZA BT</b>		<b>111.541</b>
2.1	Tablero de Paralelismo DMC-1000 (MCM3320), para 5 generadores y una fuente de red (Fotovoltaica), con la función de Load Demand, dos generadores por modulo, compuesto por :	1	111.541
2.1.1	<i>Breakers 1200A, 3P, fijo, con entrada a través de cables (no suministrado por Cummins)</i>	3	
2.1.2	<i>Bus común para sincronización de 03 generadores de 5000A</i>	1	
2.1.3	<i>DMC 1000 para realizar función de Load Demand</i>	1	
2.1.4	<i>Control DMC 1000 para el comando de cada transferencia</i>	3	
2.1.5	<i>Salidas de barras desde tablero de sincronismo de 02 generadores de 1200A cada una</i>	3	
<b>3</b>	<b>COMBUSTIBLES</b>		<b>35.076</b>
3.1	Estanque de combustible en base 1.200 litros	2	6.318
3.2	Estanque principal de combustible en base 8.000 litros	1	19.390
3.3	Bomba trasvasije y sistema de control para llenado	1	9.368
<b>4</b>	<b>PUESTA EN SERVICIO</b>		<b>16.471</b>
4.1	Puesta en servicio del sistema, planos sistema de control y carpeta técnica (MANUAL USUARIO, MANTENIMIENTO Y SISTEMA DE CONTROL)	1	16.471
<b>TOTAL NETO SUMINISTRO PLANTA DE GENERACIÓN</b>			<b>354.829</b>

### iii. Generadores DETROIT

La siguiente tabla muestra el resumen de la cotización de la empresa Detroit, adecuada para dos (2) generadores de 500 KVA con sus respectivos tableros de transferencia con sincronismo y breaker más sistema de control para toda la planta.

**Tabla N° 23**

#### **Resumen Cotización Detroit, dos (2) generadores**

Ítems	Descripción	Cant.	Precio Total Ítems
1	Generador MTU 500RVC6DT2 500 kVA /400kW contablero de control digital DGC-2020, mantenedor de baterías, calefactor de block , Braker de circuito y radiador.	2	281.268
1.1	Regulador de Voltaje modelo DVR200E para cada grupo	2	
1.3	Cabina insonorizada weatherproof, con tanque de combustible para 24 hrs en la base,aislación de Vibración y cargador de baterías.	2	
1.4	Sistema de Gestion y control del sistema de Energía marca Simmiens modelo ST-300 para la planta completa	1	
<b>Sub Total Neto (Sin IVA)</b>		<b>USD</b>	<b>281.268,00</b>

Como Detroit presentó una sola oferta por el paquete completo, sin detallar valores de cada ítems, se estimó una rebaja proporcional del 40% para ajustar la oferta, al suministro de dos (2) equipos de generación con sus respectivos ítems asociados.

A continuación, en la tabla N° 24, se presenta un resumen comparativo de las ofertas recibidas a la fecha, por las tres (3) empresas. Cabe señalar, que:

- A la oferta original de Finning se le sumó un interruptor (breaker) adicional para la Granja Fotovoltaica.
- A la oferta de Cummins, se le restó el ítem correspondiente al sistema de combustible.
- La oferta Detroit incorpora todo lo necesario para la gestión y control de la nueva planta, sin dar mayor detalles sobre los ítems considerados por este concepto.
- Se señaló en cada oferta de los distintos proveedores si se incluye o no, la puesta en marcha de los equipos suministrados.

En documentos anexos se adjuntan las cotizaciones originales presentadas por los distintos proveedores.

Tabla N° 24

**Resumen de las ofertas recibidas y sus valores ajustados para 2 generadores.**

<b>Proveedor</b>	<b>Cummins</b>	<b>Finning</b>	<b>Detroit</b>
Generador Modelo	Cummins DOCA 500kW prime	Caterpillar C18-591	MTU 500RVC6DT2
KVA	625	591	500
kW Derrateados	390	383	400
Consumo 100% carga	133,6 lts	121,3 lts	96,4 lts.
Sistema de Control	MCM3320	DEIF AGC-3	PLC Siemens ST-300
Sistema de Sincronismo	DMC 100	DEIF AGC-3	DGC-2020
Puesta en Servicio	SI	NO	SI
Tiempo de Entrega	8	8	12/16
<b>U\$ + IVA 2 grupos</b>	<b>319.753</b>	<b>266.234</b>	<b>281.268</b>

*Nota : Tiempo de Entrega en semanas.*

De la tabla anterior podemos concluir que :

- La oferta presentada por Cummins es la de más alto valor y completa, respecto de los ítems que incluye.
- La oferta de Detroit es la más económica pero a su vez, es la menos detallada y la de mayor tiempo de entrega.
- La propuesta de Finning es la menos comparable, porque no expone con claridad los costos asociados a la puesta en marcha y requirió de mayores modificaciones y ajustes.

Una vez determinados los precios de; las obras civiles, equipamiento adicional y la adquisición de los equipos de generación, para implementar las mejoras al sistema eléctrico de SPA, podemos establecer los flujos del plan de inversiones requeridos.

En la Tabla N° 25 se presentan los flujos en el tiempo del plan de inversiones para la confección de la tabla se utilizó un tipo de cambio de \$550 pesos por dólar americano.





Como se observa en la tabla anterior, la realización de las mejoras sugeridas tomará un plazo aproximado de seis meses, esto debido a la necesidad de realizar importaciones y requerir fabricación especial de algunos elementos, como también por la necesidad de puesta en marcha de los nuevos generadores y la integración del sistema.

Además, podemos señalar que debido al reacondicionamiento y reutilización de los espacios disponibles como lo indica la propuesta en la actual casa de fuerza, se logran economías en las inversiones destinadas a obras civiles, tales como; el emplazamiento de la bodega y la sala de control, en el espacio actualmente ocupado por los equipos CAT; que deben ser dados de baja.

El nuevo diseño propone la sala de control y la bodega dentro de contenedores debidamente acondicionados, además, que los nuevos generadores adicionales se suministren con gabinetes aptos para su instalación a la intemperie y un estanque de combustible diesel sobre una base de hormigón y cerco perimetral.

Los flujos detallados en el plan de inversiones, contemplan la cronología y los tiempos requeridos para ir cumpliendo cada una de las etapas que permiten alcanzar en un plazo de seis meses la realización del proyecto.

Los montos de los flujos estarán principalmente determinados por las condiciones de pago establecidas en la compra de los grupos generadores, ya que este es el ítem de mayor relevancia. Para la estimación de éstos, se tomaron en cuenta las condiciones de pago de la oferta presenta por Finning que fue el único proveedor que estableció en forma clara los términos de venta.

Los flujos de inversión se concentran en más de un 80% dentro de los tres (3) primeros meses de ejecución del proyecto, esto es a causa del tiempo y condiciones ofrecidas por Finning, así como también por la necesidad de realizar las obras civiles e instalaciones eléctricas en este período, de modo tal, que una vez entregados los generadores y despachados a SPA, estén listas las instalaciones dónde serán ubicados.

Los flujos anteriores, tendrían un comportamiento similar si la oferta del proveedor Cummins es aceptada por el Cliente.

Diferente es el escenario para los flujos, si la oferta elegida es la entregada por el tercer proveedor Detroit.

## 12. Modificaciones y Recomendaciones a la Actual Casa de Fuerza

Luego de un análisis de las actuales instalaciones y de la historia de su construcción y posteriores ampliaciones, se entregan recomendaciones para la mejora de éstas.

En este capítulo no nos referiremos a elementos y procesos de seguridad, sino sólo a modificaciones de la estructura civil. Los temas referentes a seguridad, serán abordados en el documento de capacitación: “Propuesta de Gestión y Mejoras de Seguridad y Salud Ocupacional Planta Generación Eléctrica SPA”.

La construcción de una nueva casa de fuerza, ha sido desechada considerando los siguientes factores:

- Minimizar las inversiones a realizar.
- Inexistencia de planos que indiquen los lugares exactos por donde atraviesan las tuberías de gas natural existentes en la actual emplazamiento de la casa de fuerza, lo que dificulta determinar con seguridad una nueva ubicación.

Lo anterior hace que evaluar modificaciones y mejoras en las actuales instalaciones, sea una alternativa más razonable que construir una nueva casa de fuerza.

### a) **Habilitación de Centro de Control y Bodega**

El nuevo diseño plantea la necesidad de construir un recinto permita albergar un adecuado centro de control y un espacio adecuado para una bodega.

Ambos recintos se ubicarán dentro de la actual casa de fuerza y emplazados en el espacio que ocupan los grupos CAT1 y CAT2, para los cuales se recomienda dar la baja y retirarlos de su actual ubicación.

Como una forma de realizar un diseño más eficiente, desde el punto de vista económico y de las obras civiles, se ha pensado en una estructura basada en contenedores modulares, adaptados a las necesidades de espacio y con un revestimiento interior para el caso del centro de control, que permita la adecuada aislación acústica.

La elección de esta alternativa, elimina la problemática de construcción y diseño de una estructura de características y materiales particulares, dentro de otra de características diferentes, eliminando así posibles daños estructurales a causa de movimientos sísmicos.

## **b) Habilitación de Nuevos Accesos.**

La ampliación de la casa de fuerza no fue diseñada para un fácil acceso a los distintos generadores. Sin ir más lejos, para el retiro y posterior traslado temporal del generador Guascor 2 para su mantenimiento, se debió realizar un desmantelamiento parcial de la ampliación.



Para evitar lo anterior, se recomienda implementar nuevos accesos para cada uno de los actuales generadores e instalar cortinas metálicas como puertas de cierre, ésto junto con reinstalar el forrado de la estructura.

## **c) Implementación del Sistema Eléctrico.**

Se recomienda la implementación de un sistema eléctrico para normalizar entre otras cosas: el alumbrado, enchufes de servicios, tableros de trabajo, alumbrado de emergencia, etc.

## **d) Habilitación de Red Inerte.**

Durante el trabajo en terreno, se presenció el proceso de mantenimiento preventivo efectuado al generador Guascor 1. En el momento de detener este generador no existían los procedimientos, ni la infraestructura necesaria para la adecuada iluminación del recinto, que permitiera realizar el trabajo programado en forma adecuada y segura.

Para este tipo de eventualidad se plantea como solución, la incorporación al diseño de una red inerte o par muerto, que atienda algunos consumos de alumbrado y enchufes para efectuar los trabajos de mantención.

Cuando no haya generación propia en la casa de fuerza, la red inerte permitirá conectar un grupo generador externo durante el período de mantenimiento.

### **e) Habilitación de Iluminación.**

Se constató que las condiciones de iluminación no siempre son las adecuadas al momento de realizar funciones de lectura o medición en los paneles de los generadores. El rediseño, incluye un proyecto con planos y especificaciones de alumbrado para la planta reacondicionada.

La iluminación general de la casa de fuerza, estará compuesta por seis (6) luminarias industriales de 250W HM y dos (2) luminarias de 70W HM, todas con protección de vidrio.

La iluminación de la bodega y la sala de control, estará constituida por equipos fluorescentes herméticos de 2 x 18W.

La iluminación del área de emplazamiento de los nuevos generadores adicionales, estará a cargo de proyectores de área de 250W HM.

Adicionalmente, se instalarán en el perímetro de la casa de fuerza actual tres (3) luminarias de alumbrado público de 150W Na.

### **f) Habilitación de Iluminación de Emergencia.**

El nuevo diseño contempla la ubicación de tres (3) equipos autónomos de emergencia dentro de la casa de fuerza.

### **g) Instalación de un equipo Uninterrupted Power Supply (UPS).**

Para la operación de apertura o cierre de breakers durante un período de corte total de generación en la planta, se recomienda instalar un equipo UPS con autonomía mínima de diez minutos para el circuito que alimenta el control del sistema en el tablero de servicios auxiliares. La UPS tendrá una capacidad mínima de 6 kVA monofásicos, en 220 V o en el voltaje del sistema de control que se incorpore al sincronismo (12, 24 ó 48V, etc.)

Se incluye la cotización de un equipo UPS, de marca reconocida y calidad comprobada como la TITAN de 6kVA. Las características técnicas y otros detalles de esta UPS pueden encontrarse en los documentos anexos.

## **h) Instalación de Tablero de Servicios Auxiliares.**

Para un ordenamiento de las instalaciones al interior de la casa de fuerza de la planta de generación, se propone la instalación de un tablero de servicios auxiliares que permita sectorizar y atender los consumos de la propia planta tales como; alumbrado, tableros de mantenimiento, bombas de petróleo, bombas de agua, bombas de lubricantes, cargadores de baterías, etc.

## **i) Habilitación de Sistema de Ventilación.**

Durante la visita a terreno se constató que sólo dos (2) de los cuatro (4) equipos de ventilación de veinte pulgadas estaban funcionando. Se recomienda el reemplazo de los dos (2) no operativos para contar con la correcta aireación de las instalaciones y funcionamiento de los generadores. Adicionalmente, se recomienda ejecutar una correcta disposición de celosías.

De manera complementaria se recomienda un quinto ventilador para la ampliación que albergará los gabinetes de control.

Por otra parte, se recomienda la incorporación de un equipo de aire acondicionado para climatizar la sala de control.

## **j) Instalación de Gabinetes de Control.**

Para cada unidad de generación se ha dispuesto instalar un gabinete que contenga el breaker de conexión a la barra de carga y su respectivo panel de control.

La potencia instalada para el nuevo diseño de la planta de generación incluidas; la Granja Fotovoltaica, la planta auxiliar diesel y los grupos Guascor existentes, alcanzará a los 2.400 kW, para satisfacer una demanda máxima de 1.600 kW. Para esto, se habilitará un gabinete de carga con barras para 4.200 amperes, a la que se conectarán los actuales consumos de San Pedro y Toconao. Este gabinete de carga, se conectará a la actual distribución de salida por una trinchera hasta el límite Norte de la casa de fuerza y a través de una cámara se conectará a la distribución actual.

### **k) Ampliación Sala de Máquinas.**

Para disponer de un espacio físico para instalar los gabinetes de sincronismo del nuevo sistema de control, ya sea para los grupos existentes como para los grupos adicionales y la barra de carga hacia los consumos, se deberá ampliar la superficie techada de la planta existente. Para ello se ha proyectado adicionar, a continuación del límite de la actual sala de fuerza, una estructura de terminaciones similares a la ampliación de la casa de fuerza, que permita la instalación de los gabinetes de sincronismo y el gabinete de la barra de carga con los interespacios suficientes para su adecuada interconexión y ventilación.

### **l) Mejora de Trincheras de Canalización.**

Se recomienda mejorar y ampliar las trincheras para canalizar los nuevos circuitos que se integran a la conducción eléctrica dentro de la casa de fuerza.

Las mejoras sugeridas en este punto se encuentran detalladas en planos del proyecto anexo a este informe.

### **m) Patio de la Planta Diesel Adicional.**

Para la instalación física de las dos (2) unidades de generación diesel contempladas en este diseño y la posibilidad futura para dos (2) grupos adicionales para el respaldo de la planta, se construirá un patio para estos grupos consistente en una superficie delimitada por un cerco perimetral en malla tipo ACMA con pilares metálicos. A la superficie de éste patio debe aplicarse una capa de gravilla en un espesor de 15 cms.

Para la soportación de las unidades adicionales y futuras, se construirán en el patio de grupos poyos de hormigón.

En este patio de grupos se construirá una escalerilla portaconductores (EPC), para canalizar los conductores desde las unidades adicionales a los gabinetes de sincronismo.

El patio de grupos, se construirá sobre una malla de protección cuyo reticulado se definirá en el proyecto de ingeniería de detalles (item fuera de los alcances de este informe), de acuerdo a las características geoelectricas del terreno y a las indicaciones en los planos respectivos, que se adjuntan en anexo al presente informe.

En este patio se dispondrán luminarias en postación detallada y adosados a los muros de la ampliación proyectada, según indicación en planos adjuntos en anexo a este informe.

#### **n) Instalación Tanque de Combustible.**

Para surtir de combustible a la planta auxiliar diesel, se instalará sobre un banco de hormigón un estanque de combustible de 20.000 Lts. Este estanque surtirá por gravedad el combustible a los estanques de reserva de cada unidad de generación.

Alrededor del estanque se construirá un cerco perimetral similar al del patio de generación auxiliar y se conectará a la malla de protección, según detalle de plano.

#### **o) Mejoramiento de Áreas Aledañas y Señalética.**

El presente informe propone un mejoramiento de las áreas aledañas a la casa de fuerza, en ítems relacionados con la zona de estacionamiento, zonas de tránsito, bodega de sustancias peligrosas, bodega temporal de residuos peligrosos, etc.

Se recomienda la implementación de señalética adecuada para vehículos y peatones y diversos elementos de seguridad, algunos mencionados en el documento de capacitación titulado "Propuesta de Gestión y Mejoras de Seguridad y Salud Ocupacional Planta Generación Eléctrica SPA" adjunto en anexo a este informe

## **13. Sistemas de Generación, Distribución y Control**

### **a) Sistema de Generación**

El sistema eléctrico de generación actual, está compuesto por dos (2) grupos a gas natural  $G_{1g}$  y  $G_{2g}$ , correspondiente a los Grupos Electrógenos Guascor de 1.190 kVA, cada uno.

### **b) Sistema de Distribución**

Las unidades de generación actuales, están conectadas a una barra común donde se ponen en paralelo y se sincronizan. Esta barra abastece de energía a los consumos conectados a la central con una demanda de 1MW, como se determinó anteriormente.

Esta demanda hace necesaria que siempre exista en la barra de distribución, esta potencia disponible, lo que se logra con dos (2) generadores en funcionamiento, uno en condición de emergencia y uno en mantención con los correspondientes coeficientes de operación por factor de potencia y derrateo por funcionamiento en altura.

### **c) Sistema de Control**

Para operar los equipos de la actual planta de generación, deberá realizarse la actualización a los paneles de control de los equipos existentes, de tal forma que operen sincronizados entre ellos y admitan otras fuentes de energía que se agreguen en función de la demanda futura.

El sistema y/o panel de control de cada equipo debe tener la flexibilidad de modo de que se puedan controlar varias fuentes de energía funcionando en paralelo y entregando potencia a la barra común.

Los paneles de control deben comunicarse entre sí, a través de una interfaz RS – 485 (ver figura), que automáticamente hará compartir las componentes de las cargas activas (kW) y reactivas (kVAR) de manera proporcional. A su vez, este sistema de control debe ser capaz de actuar con rapidez sobre el control automático de voltaje (AVR) y el gobernador electrónico de cada equipo, para controlar la velocidad (frecuencia) y evitar que cualquiera de los equipos conectados en un instante se transforme en carga de los otros, esto es, evitar el efecto de motoreo y de flujo de potencia inversa.

La repartición de carga de cada grupo debe ser automática, incluso si los grupos son de potencias distintas, la carga se debe compartir entre los grupos electrógenos en proporción a su potencia nominal.

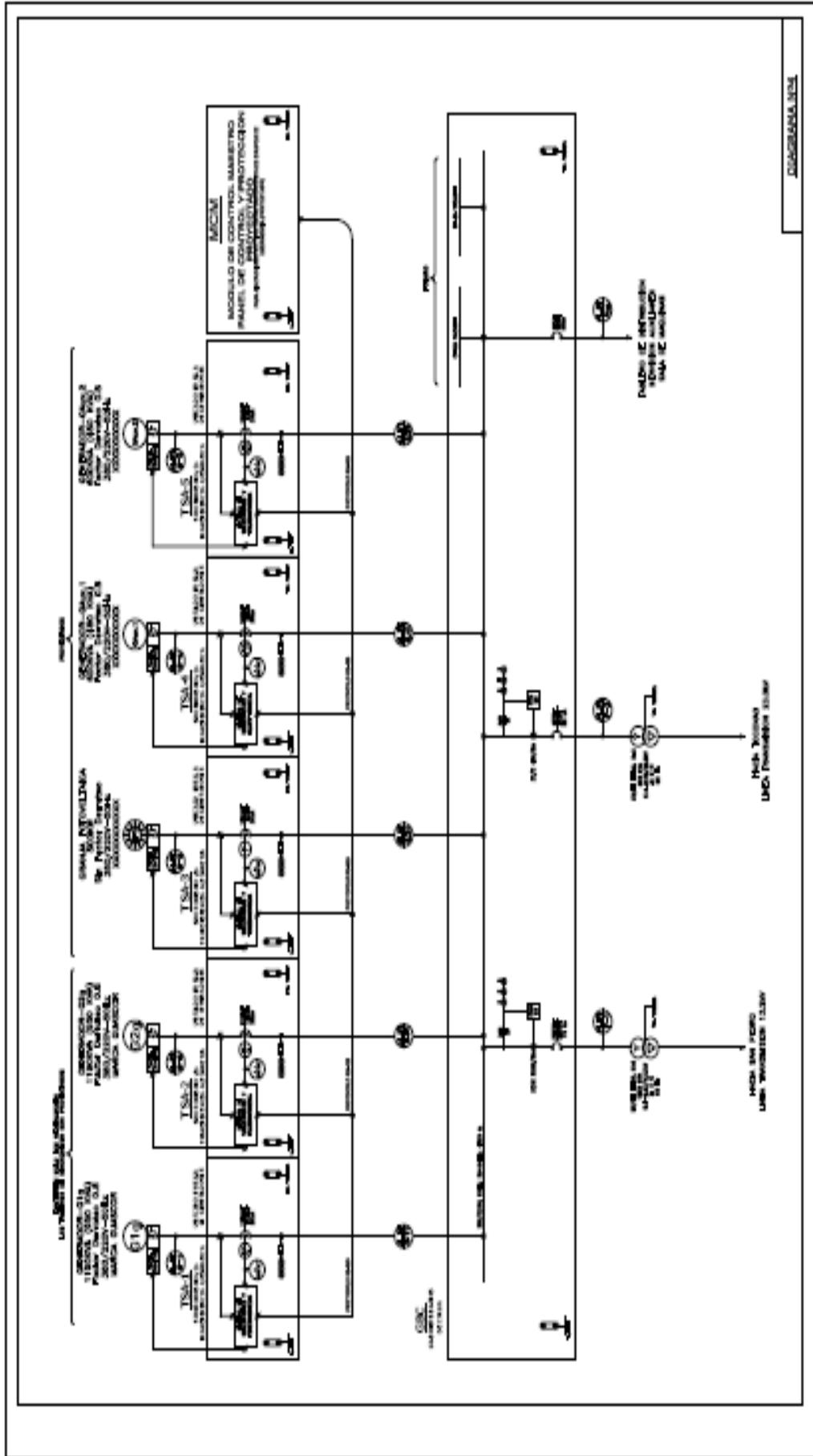
El modo de operación de la planta debe ser automático para todos los grupos generadores disponibles, estos deben arrancar en caso de ser necesario y sincronizarse para atender la barra de carga. De igual modo, deben desconectarse en el caso que la demanda en la barra disminuya.

Las fuentes de energía, se conectan y se sincronizan con la barra de carga una vez que la demanda supera el 60% de la capacidad de generación solicitada.

Los equipos que se desconecten de la barra de carga, se detendrán después de un período de funcionamiento en vacío (período que se aprovecha como tiempo de enfriamiento del equipo).

Todos los paneles de control deben contar con una interfaz de comunicación por protocolo industrial estándar, con un control maestro para control y monitoreo del funcionamiento de la Planta.

Diagrama N° 4  
Diagrama en Bloque de Potencia y Control



## 14. Sincronización

Actualmente la sincronización de las unidades de generación se ha logrado sólo parcialmente, sin poder realizarla consistentemente en forma repetitiva. De acuerdo a la información entregada por los operadores del sistema y los proveedores de los equipos, existe un problemas de configuración.

Se recomienda al momento de comprar los nuevos equipos para la planta adicional, los equipos existentes tengan solucionado el problema de sincronización entre ellos, para que los nuevos equipos se integren de forma adecuada y el sistema que se implemente permita la operación de cualquier combinación de unidades generadoras.

El nuevo sistema de control, que incluya los equipos existentes y las nuevas unidades deberá contar con interfaces de comunicación RS-485, de manera que permita la conexión del sistema de monitoreo y control, tanto para el registro de datos, como para la operación segura desde la sala de control que se implementará en el nuevo diseño.

El nuevo sistema de control, debe permitir el funcionamiento de la Planta ampliada de acuerdo a lo establecido en el capítulo anterior.

Tomando en consideración el crecimiento futuro del sistema eléctrico de San Pedro de Atacama y la posible interconexión con otros sistemas, se deberá considerar en una próxima etapa de mejoramiento, la implementación de un sistema de control SCADA con los siguientes módulos:

- 1) Administración y control de generadores (despacho automático en base a demanda/condiciones de generación).
- 2) Administración y control de distribución (balance de carga, monitoreo y control a distancia de subestaciones).
- 3) Predicción de demanda.
- 4) Seguridad de la red.
- 5) Calidad de servicio.
- 6) Plan de mantenimiento.
- 7) Registro de datos y estadísticas.

Para las condiciones actuales del sistema, no se recomienda la implementación de un sistema a medida basado en SCADA de gran escala, debido a los costos elevados de desarrollo y la falta de capacitación técnica del equipo operativo de CESP. Es necesario que la Cooperativa logre madurez técnica y que la envergadura y complejidad del sistema justifique la inversión.

## a) Propuestas de Proveedores para Control y Sincronización

A continuación, se entrega una descripción de la propuesta de los proveedores para el control y sincronización de los equipos existentes y nuevos equipos a suministrar.

### i. Propuesta FINNING/CAT

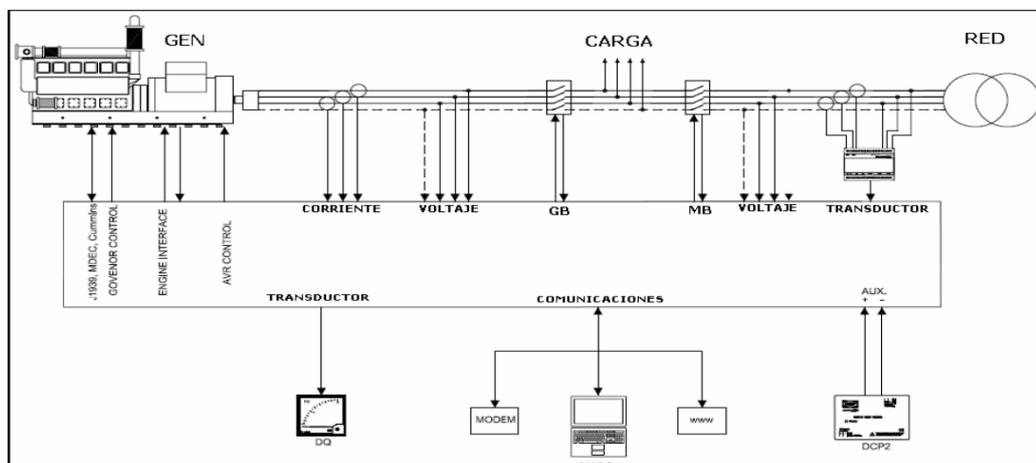
Esta empresa presenta una solución basada en el producto DEIF AGC-3 desarrollado por Finning especialmente para control de grupos generadores. Algunas de las características incluidas en la propuesta son:

- Control automático de Partida/Parada de Generador por pérdida de red o corte de demanda en punta.
- Transferencia suave de carga red generador.
- Operación de generador en paralelo con la red en carga base o cero exportación (Programable).
- Control del factor de potencia o KVA para trabajo en paralelo con la red.
- Soporte técnico especializado de Finning Chile S.A.
- La transferencia cerrada de Finning, está orientada a satisfacer las necesidades del mercado industrial para respaldo de energía y corte de demanda en punta durante el periodo de invierno (corte hora punta).
- Su diseño permite realizar en forma automática una sincronización con transición suave de carga entre Red-Generador, paralelismo con la red en carga base o cero exportación.

En la sección anexos del presente informe, se puede encontrar los detalles de esta propuesta

Diagrama Nº 5

Diagrama Esquemático Propuesta Finning/Cat



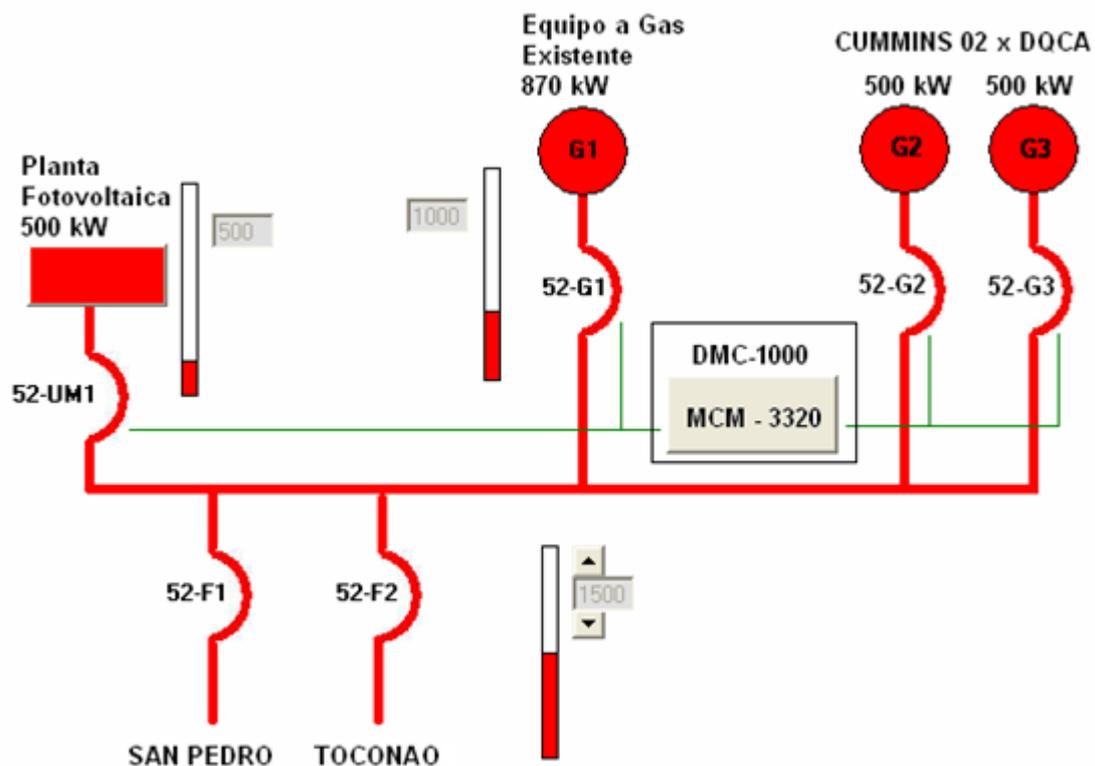
## ii. Propuesta CUMMINS

Solución basada en controladores DMC1000 y MCM3320 de Cummins especialmente desarrollados para control de grupos generadores. De acuerdo a la información entregada en la propuesta el sistema es capaz de realizar las siguientes funciones:

- Administración óptima de generación versus carga.
- Modulación de variaciones de carga con grupos diesel.
- Operación en modo Base Load o Peak Shaving.

Diagrama Nº 6

Diagrama Esquemático Propuesta Cummins



### **iii. Propuesta Detroit**

Sistema de control basado en PLC SIEMENS S7-300 con HMI TP270 y controlador de generador mtu DGC-2020. No se especifica topología ni detalles de la configuración del sistema de control o sincronización.

#### iv. Resumen de Alternativas de Generación

La presente tabla presenta un resumen de las diversas alternativas planteadas por los proveedores antes mencionados.

**Tabla N° 26**

#### Resumen de Alternativas de Generación

Proveedor	Cummins	Cummins	Finning	Detroit
<b>Modelo</b>	DMC1000	MCM3320	DEIF AGC-3	DGC-2020
<b>Equipo</b>	Digital Master Control	Master Control Module	Sistema de control y sincronismo	Digital Genset Controller
<b>Número de generadores</b>	20	4	16	No especificado
<b>Modos de Operación</b>	Isla Carga base Peak shaving	Isla Carga base Peak shaving (otro, pero no especificados)	Emergencia Isla Carga base Peak shaving Import/Export	No especificado
<b>Medición RMS real</b>	Sí	No especificado	No especificado	No especificado
<b>Control secuencial de motor</b>	No especificado	No especificado	Sí	No especificado
<b>Control secuencial de cargas</b>	Opcional	No especificado	No especificado	No especificado
<b>Panel de control operador</b>	Sí	Sí	Sí	No (vía PLC Siemens)
<b>Modbus RTU</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>I/F serial</b>	Sí	No especificado	No	No
<b>I/F USB</b>	No	No	Sí	No
<b>I/F J1039</b>	No	No	Sí	No
<b>I/F CAN</b>	No	No	Sí	Opcional
<b>Mini-SCADA</b>	No	No	Sí	No
<b>Ethernet</b>	No	No	Sí	Opcional
<b>Sincronizador de bus</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Medición de bus AC</b>	Dual	Dual	Sí	No especificado
<b>Control de transferencia de potencia</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Control de Interruptores</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Calendarizador</b>	Sí	Sí	No especificado	No especificado
<b>Load share</b>	Sí	Sí	Sí	Opcional
<b>Registro de datos</b>	20 operaciones	No especificado	No especificado	30
<b>Simulador de fallas</b>	Sí	Sí	No especificado	No especificado
<b>Funciones de protección</b>	Sí	Sí	Sí	Sí

## **v. Recomendaciones**

Analizadas las propuestas de los diferentes proveedores, la propuesta de Finning/CAT es la más flexible y completa. En cuanto al control de los equipos Guascor, Finning/CAT ha entregado respuestas más concretas, y están en condiciones de evaluar la integración de la granja solar en la solución de control, sin embargo, indican requerir más información y tiempo para diseñar una solución de ingeniería que integre todos los elementos generadores.

La propuesta de Cummins es muy semejante y tiene características similares a la solución de Finning, aunque faltan detalles de los módulos opcionales y no se pronunciaron concretamente respecto de la integración de los equipos Guascor, aunque dicen que es posible si se cumplen ciertas condiciones de compatibilidad.

La propuesta de Detroit es poco detallada técnicamente. Se basa en una solución industrial genérica no adaptada especialmente para centrales de generación. Persiste el cuestionamiento de si será necesario todo un diseño de ingeniería nuevo para la topología y el software del controlador cuando se integre la granja fotovoltaica.

En base a lo anterior, el ranking entre las soluciones de automatización y sincronismo es el siguiente :

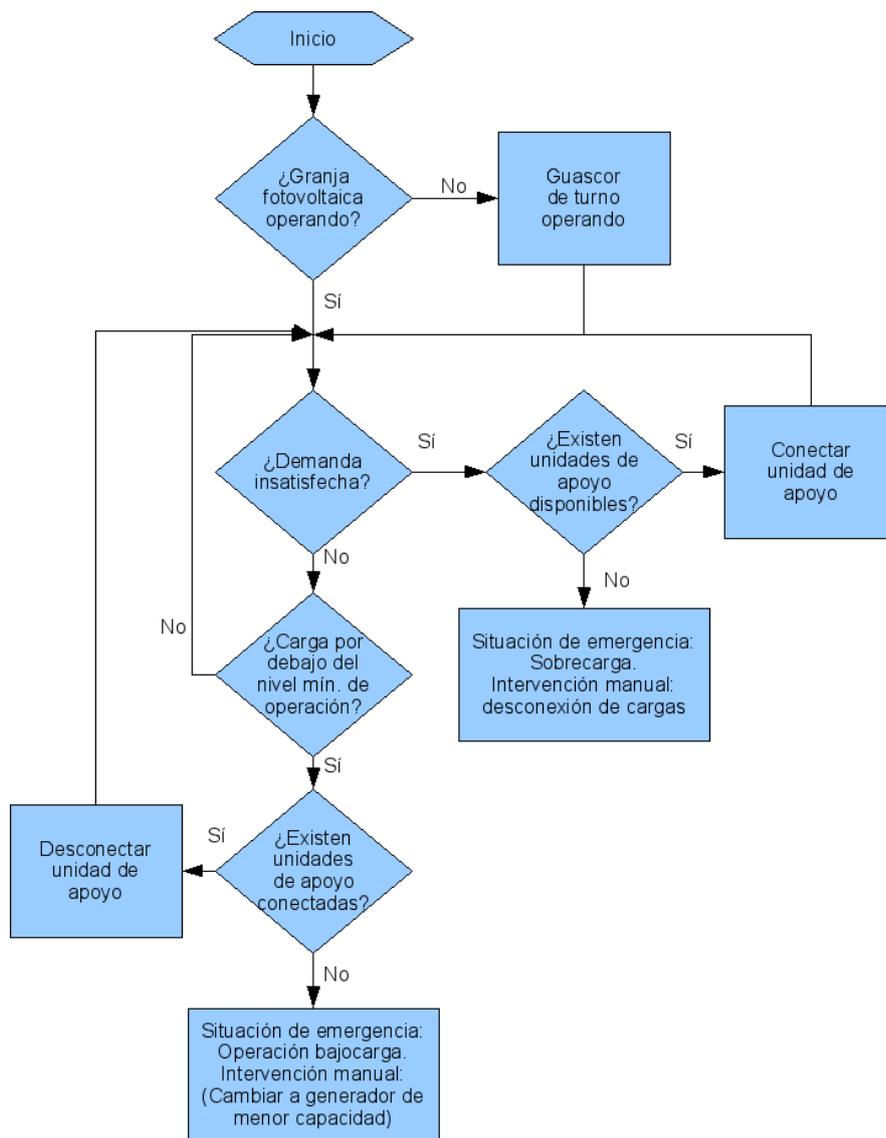
- 1 Finning/CAT, 2 Cummins y 3 Detroit

**b) Lógica de Operación (modo secuencial):**

Se asume que la demanda mínima supera la carga mínima deseable de operación de un generador Guascor, por lo que en ausencia de la granja siempre estará operando un generador Guascor.

**Diagrama N° 7**

**Diagrama Lógico de Operación**



## **15. Capacitación**

### **a) Diseño de Capacitaciones**

El presente informe incluye el diseño de capacitaciones para entregar información y mejorar la comprensión de este trabajo para los distintos actores, del sistema eléctrico de la Cooperativa Eléctrica San Pedro de Atacama.

La capacitación diseñada incluye los siguientes módulos:

Capacitación N° 1: “Propuesta de Gestión y Mejoras de Seguridad y Salud Ocupacional Planta Generación Eléctrica SPA”.

Capacitación N° 2: “Aspectos Generales de Sistemas Eléctricos de Potencia”.

Capacitación N° 3: “Mantenimiento Preventiva Nuevos Grupos de Generadores Diesel”.

En el modulo N° 3, no se incluyen los documentos anexos, porque está supeditada a la compra de las nuevas unidades de generación. El proveedor adjudicado entregará la información técnica necesaria y los planes de mantención preventiva, una vez cerrada la operación de compra-venta.

Las capacitaciones N° 1 y N° 2 se adjuntan al presente informe.

## b) Valorización de Capacitaciones.

Para impartir los módulos de capacitación descritos en el punto anterior, se entrega la siguiente valorización, que considera una charla para 15 personas en una jornada.

**Tabla N° 27**

### **Resumen de Valorización de Capacitación**

<b>Ítem</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Charlista	Hrs	6	\$ 21.000	\$ 126.000
Arriendo Sala	Día	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Arriendo Notebook	Día	2	\$ 21.000	\$ 42.000
Arriendo Proyector	Día	2	\$ 31.500	\$ 63.000
Arriendo Telón	Día	2	\$ 10.500	\$ 21.000
Materiales	Persona	15	\$ 5.000	\$ 75.000
Cofee Break (mañana y tarde)	Persona	15	\$ 6.000	\$ 90.000
Avión Stgo-SPA-Stgo.	Pasajero	1	\$ 350.000	\$ 350.000
Transfer	Viajes	4	\$ 15.000	\$ 60.000
Viaticos	Día	1,5	\$ 40.000	\$ 60.000
Alojamiento	Noche	1	\$ 60.000	\$ 60.000
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.007.000</b>

## 16. Conclusiones

Algunas de las principales conclusiones :

- i. Lo fundamental de este y cualquier otro trabajo que se lleve a cabo en las dependencias de CESP, debe cimentarse sobre la base que las operaciones de mantención preventiva de todos y cada uno de los equipos será llevada a cabo sin postergación alguna.

Sin esta premisa básica, ningún esfuerzo surtirá efecto en el corto, mediano y largo plazo, sobre la estabilidad, confiabilidad y calidad del suministro eléctrico a la comunidad de San Pedro de Atacama.

- ii. Es conveniente realizar en el corto plazo las siguientes mejoras propuestas:
  - a. Rediseño de la actual casa de fuerza.
  - b. Mantenimiento según plan a las actuales unidades de generación a gas natural Guascor 1 y Guascor 2.
  - c. Dar de baja y retirar de la casa de fuerza, los generadores CAT 1 y CAT 2.
  - d. Implementar un aumento de la capacidad instalada en funcionamiento en base a dos (2) generadores diesel.
  - e. Las nuevas unidades de generación deben ser móviles y con gabinetes para uso a la intemperie.
  - f. Diseño de una nueva sala de control y una bodega, construidas en contenedores modulares y ubicadas en el espacio que actualmente ocupan generadores CAT 1 y CAT 2.
  - g. Implementar un sistema de control y sincronismo que incluya las unidades generadoras actuales y la nueva planta diesel.
  - h. La planta física, en el patio de grupo del nuevo diseño y en la ampliación de la casa de fuerza para los gabinetes de control, debe considerar la superficie para ampliar la planta en dos (2) unidades de generación en una etapa futura que permita enfrentar futuras demandas o déficit de suministro de gas.

- iii. La recomendación de incorporar nuevos generadores diesel dispuestos en contenedores móviles, se basa en diversas consideraciones, tales como, ahorro de inversión en obras civiles, flexibilidad ante la llegada del Sistema Interconectado del Norte Grande, movilidad para mantenimientos mayores y otras.
- iv. Incorporar la sala de control y la bodega en el espacio que actualmente ocupan los generadores CAT 1 y CAT 2, se funda en la necesidad de optimizar los recursos disponibles para este proyecto.
- v. Se debe considerar que no es suficiente aumentar la capacidad de generación de CESPAS, también se deben implementar políticas de eficiencia energética, como por ejemplo; incorporar iluminación pública más eficiente, en base a luminarias de mayor rendimiento y campañas de ahorro de electricidad.
- vi. Para incentivar a los usuarios del sistema a disminuir sus consumos durante las horas punta, se propone la implementación de tarifas horarias. Esta iniciativa podría permitir hacer más estable la demanda durante todas las horas de día y evitar el sobredimensionamiento de grupos generadores para satisfacer la demanda en el horario peak.
- vii. Es necesario establecer procedimientos para aumentar la seguridad de la operación de los operadores y mejorar la calidad del suministro.
- viii. El sistema de control y sincronismo que se implemente, debe compatibilizar la planta existente con sus unidades de generación en estado de operación 100% y sincronizadas entre ellas, para compartir con las unidades de generación de la planta adicional y la granja solar futura.
- ix. Sobre las alternativas de sistemas de generación:
  - a. La propuesta entregada por Detroit es la más económica por precio de suministro y el costo marginal de generación también es el menor, para la operación conjunta con las unidades existentes y la futura granja solar.

El sistema de control y sincronismo es el menos detallado y está construido en base a componentes genéricos.

Esta empresa tiene la representación y el servicio técnico de los equipos Guascor existentes, por tal motivo, es posible negociar un plan de mantenimiento para todos los equipos de la planta en mejores condiciones económicas, si los equipos de la planta adicional son suministrados por ellos.

- b. La propuesta entregada por la empresa Cummins, es la más completa en relación al resto, considera la integración de la Granja Fotovoltaica al sistema de sincronismo y el control de la planta. Además incluye el suministro del sistema de combustible.

Esta propuesta presenta mayores costos, tanto en la inversión inicial como en el marginal de generación.

- c. La propuesta de la empresa Finning, es una solución más sofisticada respecto al control y sincronismo de los equipos. Sus costos marginales de generación son medios.

Esta propuesta podría tener costos ocultos que deben ser considerados, tales como, el sincronismo con la Granja Fotovoltaica (no está explícitamente incluido) y el costo de puesta en marcha.

Esta empresa es la de mayor presencia en la comuna de San de Pedro de Atacama, existen una gran cantidad de generadores de la marca en la zona.

- d. Existen otros proveedores de equipos que pueden ser requeridos una vez realizadas las ingeniería de detalles, en todo caso, los proveedores presentados en este informe, cumplen con los requisitos necesarios salvo las objeciones explicitadas para llevar a cabo la implementación de la mejora técnica del sistema eléctrico de la Cooperativa Eléctrica de San Pedro de Atacama.