



***INFORME DE MINIMO TECNICO CENTRAL
TEN0 GAS 50 (TG50)***

REV	FECHA	DESCRIPCION	POR	REV.	APRB.
1	25-06-2019	Emisión Final	JLT	JA	RS
2	23-09-2019	Modificaciones de Informe de acuerdo con observaciones del Coordinador		FM	RS

TABLA DE CONTENIDOS

1.	Introducción.....	- 4 -
2.	Definiciones.....	- 4 -
3.	Características De La Central.....	- 5 -
3.1	PLANTA DE GAS.....	- 5 -
3.2	NAVE DE GENERACIÓN.	- 6 -
3.2.1.1	Unidades generadoras	- 6 -
3.2.2	Sistemas auxiliares.....	- 7 -
3.3	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.	- 8 -
3.4	SISTEMAS COMPLEMENTARIOS.....	- 8 -
4.	Metodología	- 8 -
5.	Determinacion de minimo tecnico	- 9 -
5.1	RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE	- 9 -
5.1.1	El funcionamiento a cargas parciales	- 9 -
5.1.2	Operación del Turbocargador.....	- 10 -
5.2	OTRAS RECOMENDACIONES	- 11 -
5.2.1	NFPA.....	- 11 -
5.2.2	Aurora.....	- 11 -
5.2.3	Caterpillar	- 11 -
6.	Fuentes de Inestabilidad	- 11 -
7.	Restricciones Ambientales	- 11 -

8. Antecedentes Nacionales e Internacionales.....	- 12 -
9. Conclusión.....	- 13 -
10. Anexos.....	- 13 -

1. INTRODUCCIÓN

Conforme a la resolución de la Comisión Nacional de Energía (CNE), las empresas generadoras deberán determinar e informar a la Dirección de Operación (DO) el Mínimo Técnico de sus unidades generadoras en conformidad a las disposiciones del Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio.

El presente documento tiene como objetivo informar y respaldar el mínimo técnico de las unidades generadoras de la central Teno Gas 50 de Inersa Innovación Energía S.A.

Mediante el presente documento, se detallan tanto las características propias de la central de generación Teno Gas 50 así como las consideraciones y metodología utilizada para la determinación del mínimo técnico de las unidades generadoras de la central Teno Gas 50 de Inersa Innovación Energía S.A.

2. DEFINICIONES.

- CNE: Comisión Nacional de Energía.
- DS: Decreto Supremo
- GLP: Gas Licuado del Petróleo.
- NCh.: Norma Chilena.
- NTCyCS: Norma técnica de Seguridad y Calidad del Servicio
- SEN: Sistema Eléctrico Nacional.
- SE: Sub-Estación Eléctrica
- DO: Dirección de Operación
- MT: Mínimo Técnico
- S/E: Sub Estación

3. CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL

A fin de indicar las características de la central de generación Teno Gas 50 se describirán individualmente sus características en los siguientes 4 grupos:

1. Planta de gas.
2. Nave de generación.
3. Subestación eléctrica.
4. Sistemas Complementarios (Sistema de detección y extinción de incendios, sistema de detección de escape gases combustibles, sistemas de pesaje de camiones, entre otros).

Cada uno de estos grupos será descrito en los siguientes títulos indicando sus características principales. En la figura siguiente se muestra una vista general aérea de la planta de generación Teno Gas 50.



Figura 1: Vista aérea de la planta de Teno Gas 50

3.1 Planta de gas.

La planta de gas tiene como fin proveer el combustible a utilizar para el funcionamiento de las unidades generadoras, la planta cuenta con un sitio de descarga de camiones cercano al sector de los estanques, la descarga se realizará mediante el bombeo de gas licuado, por medio de bombas y/o compresores. La central cuenta con capacidad de almacenamiento de 385 m³ o 195 TON de propano en fase líquida la zona de almacenamiento está constituida por 4 estanques. Para el uso del combustible en los equipos de generación el propano es vaporizado previo al ingreso de los motores, y finalmente es suministrado mediante una red interna de gas en fase gaseosa.

En el esquema mostrado en la Figura 2 da una referencia de los elementos y componentes que componen la planta de gas.

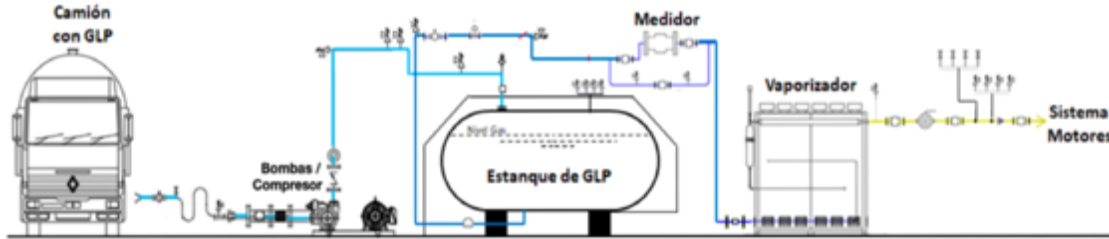


Figura 2: Esquema general de la planta de gas y líneas de GLP

Componentes Principales de la planta de gas
Instrumentación (niveles, temperatura, flujo, presión)
Bombas de transferencia de GLP
Compresor de descarga de GLP
Estanques de almacenamiento 385 m ³ o 195 TON
Vaporizadores y reguladores
Línea de distribución interna de Gas

Tabla 1: Componentes de la planta de gas.

3.2 Nave de generación.

3.2.1.1 Unidades generadoras

La planta Teno Gas 50 está concebida y diseñada para operar con dos alternativas de combustible GN/GLP (gas natural/gas licuado de petróleo) con potencias resultantes de 52,00/44,72 MW respectivamente, toda la planta fue diseñada y construida para poder evacuar el total de la potencia instalada, sin embargo, en la actualidad la central estará operando solo con combustible GLP-Propano HD5 dado las actuales condiciones de instalaciones y equipamiento de la Planta, por lo que este informe y los resultados indicados en el son válidos para combustible GLP.

La Nave de generación de la central está conformada por 26 motores modelo CG170-20 de la marca Caterpillar los cuales operan bajo ciclo de gas otto de alto rendimiento (de cuatro tiempos) y refrigerados por líquido. Los motores han sido seleccionados y equipados en cumplimiento y bajo necesidades concretas para la operación de la planta Teno Gas 50, cada unidad generadora produce 1720 kW a 400V y 50Hz alimentados con Propano HD5, como muestra en la placa de datos Figura 3.

Grupo Electrogenero		
Fabricante	Caterpillar	-
Num. de Serie		-
Año de Fabricación	06 / 2016	-
Potencia Nom.	COP 1720 / 19850	kW
Factor de Potencia Nom.	cos phi 1.0	-
Altitud max.de Instal.	421	m
Temperatura max.de Inst.	27	°C
Frecuencia Nominal	50	Hz
Voltaje Nominal	400	V
Corriente Nominal	2483 / 2887	A
Masa	18100 / 19850	kg
Tipo de Potencia	G2	-
Potencia Adicional para Regulación	8	%
Combustibles	Gas propano	

Caterpillar Energy Solutions GmbH



Figura 3: Placa de datos e imagen representativa de los motores de la planta Teno Gas 50.

Las unidades generadoras están configuradas y diseñadas para operar en potencia Continuos Power según la definición de la norma ISO-8528.

13.3.1 Continuous power (COP)

Continuous power is that which a generating set is capable of delivering continuously for an unlimited number of hours per year between the stated maintenance intervals and under stated ambient conditions, the maintenance being carried out as prescribed by the manufacturers. (See figure 1.)

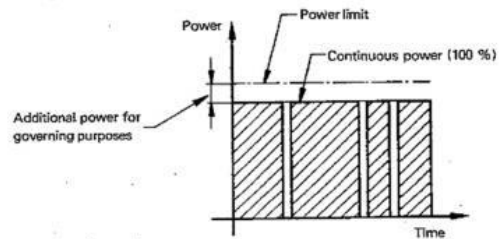


Figure 1 — Illustration of continuous power

Figura 4 Definición de Potencia Prime, extracto Norma ISO 8528

3.2.2 Sistemas auxiliares

Los sistemas auxiliares para la operación de las unidades generadoras están compuestos por bombas, calefactores, ventiladores y otros listados en el cuadro siguiente.

N°	Descripción cargas Auxiliares	Potencia por unidad Generadora [KW]	Potencia Planta (26 unid) [KW]
1	VVA. SOLENOIDE ACEITE 1 Y 2	0.6	15.6
2	BOMBA DE PRELUBRICACION	1.6	41.6
3	BOMBA AGUA HT	15	390
4	AERO ENFRIADOR CTO. NK	10.5	273
5	CALEFACTOR DE AGUA CAMISAS	9	234
6	BOMBA DE AGUA GK	4.1	106.6
7	AERO ENFRIADOR CTO. HK	12.6	327.6
8	VENTILADOR 1 SIST. ENTRADA AIRE	2.6	67.6
9	VENTILADOR 2 SIST. ENTRADA AIRE	2.6	67.6
10	CALEFACTOR TABLERO DE GRUPO	0.2	5.2
11	CONSUMOS PROPIOS TABLERO	3	78
12	CALEFACTOR ALTERNADOR	0.4	10.4
13	CARGADOR BATERÍAS	5	130
TOTAL		67.2	1747.2

Tabla 2 Sistemas Auxiliares de unidades generadoras CG170-20

3.3 Subestación eléctrica.

La energía de la Central Teno Gas 50, es generada en 400v y es transformada a 14,4 kV por 13 transformadores elevadores (conectando 2 generadores por cada transformador) y transportada por líneas de 14,4 kV a un transformador 14,4/66kV con todas sus protecciones e interruptores en alta y baja tensión ubicado en SE Aguas Claras ubicado cerca la Casa de Maquinas del Teno Gas 50.

La SE Aguas Claras está equipada y conectada por medio de una línea 66kV en bandeja de ~250mts de largo hacia la SE Aguas Negras (de Enlase Generación) donde por medio de un desconectador se conecta a la barra 66kV de la SE Aguas Negras, finalmente la inyección de energía de esta central será a la Barra 66 kV de la SE Teno.

3.4 Sistemas Complementarios.

La central de generación Teno Gas 50 cuenta adicionalmente con sistemas auxiliares como sistema de protección contra incendios, sala eléctrica, sala de control, bodega de insumos, bodega de residuos peligrosos, oficinas generales, entre otros.

4. METODOLOGIA

En el contexto de la elaboración de este informe, se utilizarán las recomendaciones, directrices y otros indicados en los siguientes documentos:

- Manuales de operación y Mantenimiento del fabricante (CATERPILLAR).
- Recomendaciones del fabricante
- Anexo técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras
- Normas ISO 8528.

5. DETERMINACION DE MINIMO TECNICO

De acuerdo con el Anexo Técnico se entenderá por Mínimo Técnico: “la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente y estable inyectando energía al SEN en forma continua”.

En los siguientes puntos se recogen las recomendaciones entregadas por el fabricante que permiten determinar y respaldar el valor de mínimo técnico de cada unidad generadora y así como de la planta de generación en su totalidad.

5.1 Recomendaciones del Fabricante

De acuerdo con las recomendaciones establecidas por el fabricante para la operación con carga de las unidades generadoras es necesario que la temperatura del aceite lubricante sea superior a 40 °C.

5.1.1 El funcionamiento a cargas parciales

En los motores de combustión en general, hace que la presión dentro de la cámara de combustión sea menor y por lo tanto la presión media efectiva en la cámara de combustión sea inferior. Como consecuencia se tiene mayor riesgo de que el motor tenga un mayor consumo de aceite, debido a la entrada de aceite en la cámara y su combustión.

Una operación prolongada a cargas parciales puede llevar a una acumulación de aceite en la cámara de combustión, y al aumentar la probabilidad de causar detonaciones y/o un aumento de la acumulación de escorias y cenizas en la cámara de combustión, lo que puede causar daños en el motor. Asimismo a medida que la Presión Media Efectiva se reduce, la velocidad de la combustión disminuye, dificultando que se produzca la combustión completa de forma efectiva, a continuación se muestran las condiciones de funcionamiento de las unidades generadoras.

Potencia relativa a la carga nominal	Duración máxima recomendada para esta carga	Duración mínima recomendada en el funcionamiento posterior con una carga >50% de la carga nominal
(%)	(Minutos)	(Minutos)
0 - 30	30	120
30 - 50	120	120
50 - 100	Sin limitación	Sin limitación

Tabla 3: Limitaciones para el funcionamiento

Del mismo modo el sistema de control del motor dispone de valores de referencia de potencia de funcionamiento de los equipos y, en caso de que estos valores no se alcancen el motor generador se apagará tras enviar un aviso.

Equipo	Carga mínima ajustada	Aviso en caso de no alcanzar la carga mínima tras	Apagado en caso de no alcanzar la carga mínima tras
	(KW)	(Minutos)	(Minutos)
CG132-08	100	45	60
CG132-12	155	45	60
CG132-16	205	45	60
CG132B-08	100	45	60
CG132B-12	155	45	60
CG132B-12	205	45	60
CG170-12	305	45	60
CG170-16	410	45	60
CG170-20	516	45	60
CG260-12	800	45	60
CG260-16	1060	45	60
CG260-16(4,5MW)	1060	45	60

Tabla 4: Tiempos máximos de operación a cargas parciales.

5.1.2 Operación del Turbocargador

Por otra parte, otra condición en los motores generadores de sobre-alimentación que debe tenerse en cuenta, es el rango de funcionamiento del turbo compresor, para una mayor estabilidad del funcionamiento es necesario elegir el punto de la curva donde el turbo compresor se encuentre en la rampa de incremento / decremento de presión. Esto proporciona una respuesta lineal en el caso que sea necesario incrementar la potencia.

Teniendo en cuenta adicionalmente, la consideración relativa al funcionamiento del turbocompresor, el rango definido en la Tabla 3 se reduce y se establece que para un funcionamiento estable de manera continua el valor mínimo deberá estar en el **70% de la potencia nominal bruta medida en bornes del generador** porcentaje que representa el Mínimo técnico de operación de las unidades generadoras.

UNIDAD GENERADORA		
POTENCIA MAXIMA MW	POTENCIA MINIMA DE OPERACION MW	UNIDAD GENERADORA MARCA / MODELO
1,72	1,2	Caterpillar/ CG 170-20

Tabla 5: Potencia Máxima y mínima de cada unidad generadora CG170-20

5.2 Otras Recomendaciones

Los fabricantes de grupos generadores coinciden con los efectos y riesgos que implica la operación de sus unidades a cargas inferiores al 30% de su potencia nominal. A continuación, se indican algunos ejemplos y extractos.

5.2.1 NFPA

La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA por sus siglas en inglés), advierte en su estándar número 110, de generadores de emergencia y standby, sobre el fenómeno llamado “Wet Stacking” (ducto de escape húmedo). Esto se previene operando el motor con cargas sobre el 30% de la potencia nominal.

5.2.2 Aurora

El fabricante de motores Aurora indica en su artículo “What Happens To Engines Running Without Sufficient Loads” diversos problemas y riesgos asociados a la operación de motores diésel en bajas cargas. Principalmente indica el riesgo de “glazing” (cristalización) de las paredes interiores del cilindro producido por la combustión del aceite.

5.2.3 Caterpillar

El fabricante de motores Caterpillar indica en su artículo “The Impact Of Generator Set Underloading” los riesgos de operar motores diésel en cargas inferiores al 30% de su potencia nominal. Principalmente señala el riesgo de acumulación de depósitos y humedecimiento del ducto de escape (Wet Stacking).

6. FUENTES DE INESTABILIDAD

Para las condiciones de operación a Mínimo Técnico no se tiene registro de alarmas que representen fuentes o condiciones de inestabilidad en las unidades.

7. RESTRICCIONES AMBIENTALES

La Central Teno Gas 50 no tiene restricciones de emisiones ambientales que pudiesen influir en la determinación de mínimo técnico.

8. ANTECEDENTES NACIONALES E INTERNACIONALES

Los siguientes proyectos con motores de la misma familia CG170 que los instalados en Teno Gas 50y funcionando con gas propano, se han puesto en marcha y se encuentran funcionando satisfactoriamente conectados a la red nacional de Puerto Rico y Estados Unidos.

- Cruzam Rum (USA): 1 x CG170-16 Año 2016
- Matosantos (Puerto Rico): 1 x CG170-20 Año 2016

Como referencia, en la Tabla 3 se indican los valores de Mínimos Técnicos de unidades similares que operan en el Sistema Eléctrico Nacional.

Central	Potencia Nominal [kW]	Mínimo Técnico [kW]	Marca / Modelo
<i>Constitución Unidades 1-6</i>	<i>1.500</i>	<i>1.120 (75%)</i>	<i>Caterpillar</i>
<i>Punitaqui Unidades 1-6</i>	<i>1.500</i>	<i>1.000 (67%)</i>	<i>Caterpillar</i>
<i>Chiloé Unidades 1-9</i>	<i>1.200</i>	<i>600 (50%)</i>	<i>Caterpillar</i>
<i>Maule Unidades 15-17</i>	<i>750</i>	<i>375 (50%)</i>	<i>Caterpillar</i>
<i>Quintay Unidades 1 y 2</i>	<i>1.200</i>	<i>360 (30%)</i>	<i>Cummins</i>
<i>Placilla Unidades 1 y 2</i>	<i>1.200</i>	<i>360 (30%)</i>	<i>Cummins</i>
<i>El Totoral Unidades 1 y 2</i>	<i>1.200</i>	<i>360 (30%)</i>	<i>Cummins</i>
<i>Las Vegas Unidades 1 y 2</i>	<i>1.050</i>	<i>336 (32%)</i>	<i>Cummins</i>
<i>La Portada Unidades 1, 3, 6</i>	<i>1.000</i>	<i>250 (25%)</i>	<i>Cummins KTTA 50 - G2</i>

Tabla 6: Mínimo Técnico de unidades Generadoras del Sistema Eléctrico Nacional

9. CONCLUSIÓN

En base al análisis realizado e información técnica recopilada en este informe se concluye que la potencia mínima segura y estable en su operación a la que puede operar cada unidad generadora CATERPILLAR CG170-20 es de 1.204 KW (70% de su potencia máxima), por lo tanto, considerando que la planta está compuesta por 26 unidades generadoras el mínimo técnico para la planta de generación Teno Gas 50 a mínimo Técnico corresponde a 31.304 KW.

CENTRAL TENO GAS			
POTENCIA MAXIMA [MW]	MINIMO TÉCNICO CENTRAL [MW]	NUMERO DE NAVES	CANTIDAD DE UNIDADES GENERADORAS
44,72	31,3	4	26

Tabla 7: Mínimo técnico Planta de Generación Teno Gas-50

10. ANEXOS

Junto a este documento se anexan los siguientes documentos:

- 1 *Informe Caterpillar de Mínimo Técnico moto-generadores CG170-20 funcionando con propano*
- 2 *Manual construcción de instalaciones energéticas paginas-218-220*