

CONSORCIO:	GENERADORA:
 AMADEO CARRILLO VILLENA	

PROYECTO:	CLIENTE:
PRUEBAS DE POTENCIA MÁXIMA EN UNIDADES GENERADORAS	

TITULO:	INFORME FINAL DE PRUEBAS DE POTENCIA MÁXIMA DE LA CENTRAL TÉRMICA SAN ISIDRO I UNIDAD GENERADORA TG01 + TV02
N° DE DOCUMENTO PROYECTO	CSI-4-INF-HMK-002

REVISIÓN:	2	EDITADO PARA	Coordinador Eléctrico Nacional
FECHA:	24-03-2021		

REGISTROS DE REVISIONES

REV. N°	FECHA	REVISIONES	REVISADO POR	APROBADO POR
1	06-01-2021	Primera versión	Marco Quispe C.	Amadeo Carrillo V.
2	16-03-2021	Observación a la primera versión	Coordinador	Coordinador
3	24-03-2021	Segunda versión	Marco Quispe C.	Amadeo Carrillo V.

APROBACIÓN DE DOCUMENTOS

ENEL GENERACIÓN CHILE S.A.			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
CONSORCIO HAMEK AMADEO_CARRILLO			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consortio HAMEK - Amadeo Carrillo

CONTENIDO GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	5
1 INFORMACIÓN GENERAL	7
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	7
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SAN ISIDRO I	7
2 OBJETIVO DE LAS PRUEBAS.....	8
2.1 PRUEBAS DE POTENCIA MÁXIMA	8
3 PROGRAMA DE LAS PRUEBAS	9
4 PARTICIPANTES EN LAS PRUEBAS Y ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL.....	9
5 CONDICIONES DE DISEÑO Y REFERENCIA	10
6 FRONTERA DE PRUEBA, MEDICIONES REQUERIDAS E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA	11
6.1 FRONTERA DE PRUEBA	11
6.1.1 Frontera de Prueba y Mediciones Requeridas para las Unidades Generadoras en la Configuración Ciclo Abierto.....	11
6.1.2 Frontera de Prueba y Mediciones Requeridas para las Unidades Generadoras en la Configuración Ciclo Combinado	12
6.2 VARIABLES MEDIDAS E INSTRUMENTACIÓN DE MEDICIÓN	13
6.2.1 Variables Primarias	13
7 METODOLOGÍA DE CÁLCULO	14
7.1 VALIDACIÓN DE DATOS	14
7.2 CÁLCULOS DE POTENCIA BRUTA MÁXIMA	14
7.2.1 Resultados de las Potencia Bruta Máxima Medido ($PBM_{M.TG}$).....	14
7.2.2 Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Corregida ($PBM_{C.TG}$)	15
7.2.3 Cálculo de la Potencia Neta Máxima Medida ($PNM_{M.TG}$)	16
7.2.4 Cálculo de la Potencia Neta Máxima Corregida ($PNM_{C.TG}$)	16
7.3 CÁLCULOS DE LA INCERTIDUMBRE	17
7.3.1 Incertidumbre de la Prueba	17
8 CÁLCULO DE POTENCIA MÁXIMA.....	19
9 RESULTADOS	19
9.1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS POTENCIA MÁXIMA	19
9.2 RESULTADOS DE INCERTIDUMBRE	20

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

ANEXOS

- ANEXO A:** Actas de Ensayo
ANEXO B: Cuadros de Cálculo
ANEXO C: Protocolo de Pruebas

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1-1: Descripción de la Central Termoeléctrica San Isidro I	7
Tabla 2-1: Variables primarias	8
Tabla 3-1: Programa de Pruebas de la Central Térmica San Isidro I	9
Tabla 5-1: Condiciones de Referencia	10
Tabla 6-1: Variables e Instrumentos de Medición Utilizados en las Pruebas	13
Tabla 8-1: Condiciones de estabilidad de la Prueba de Potencia Máxima de la Central Térmica San Isidro I	14
Tabla 9-1: Resultados de las Pruebas de Potencia Máxima de la Central Térmica San Isidro I	19
Tabla 9-2: Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Potencia Máxima de la Unidad Generadora (TG01) en Ciclo Abierto con Diésel de la Central Térmica San Isidro I	20
Tabla 9-3: Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Potencia Máxima de la Unidad Generadora (TG01) en Ciclo Abierto con Gas de la Central Térmica San Isidro I	21
Tabla 9-4: Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Potencia Máxima de la Unidad Generadora (TG01+TV02) en Ciclo Combinado con Gas de la Central Térmica San Isidro I	22

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 4-1: Participantes y Organización del Personal durante las Pruebas	9
Ilustración 6-1: Frontera de Prueba de la Unidad Generadora (TG01) en Ciclo Abierto de la Central Térmica San Isidro I	11
Ilustración 6-2: Frontera de Prueba de la Unidad Generadora (TG01+TV02) en Ciclo Combinado de la Central Térmica San Isidro I	12

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

RESUMEN EJECUTIVO

Enel es una de las empresas eléctricas más importantes de Chile, que controla los negocios de generación y distribución del país. Enel Generación Chile S.A. es a su vez la empresa de generación eléctrica más importante de Chile, con una capacidad instalada total de 6.114 MW y un parque generador de 110 unidades distribuidas a lo largo del país. Su producción alcanzó los 17.548 GWh en 2019, el 57% de ella fue hidroeléctrica, 42% de fuentes termoeléctricas y el 1% de fuente eólica.

La Central Térmica San Isidro I, que es propiedad de Enel Generación Chile S.A., está ubicada en la Ruta CH-64, km 2, sector Lo Venecia, Quillota, Región Valparaíso, Chile y está constituida por una turbina a gas y una turbina a vapor en ciclo combinado, TG y TV de 379 MW de potencia nominal. Tiene la capacidad de operar con combustible gas natural y petróleo diésel, como respaldo.

El presente informe contiene los resultados de las pruebas de Potencia Máxima de la Unidad Generadora TG01 + TV02 de la Central Térmica San Isidro I.

Durante las pruebas se ha registrado los siguientes parámetros:

- Potencia Bruta
- Factor de Potencia Bruta
- Potencia Neta
- Factor de Potencia Neta
- Potencia de Servicios Auxiliares
- Temperatura Ambiente
- Humedad Relativa Ambiente
- Presión Barométrica Ambiente

Las condiciones de diseño y referencia que se ha considerado son las siguientes:

Tabla N° 1
Condiciones de Diseño y de Referencia

Ítem	Unidades	Condiciones de Diseño	Condiciones de Referencia
Factor de Potencia		0.95	0.95
Temperatura Ambiente	(°C)	15.00	15.00
Humedad Relativa Ambiente	(%)	75.00	75.00

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

RESULTADOS

1.1. Resultados de las Pruebas de Potencia Máxima

Tabla N° 2

Resultados de la Prueba de Potencia Máxima de la
de la Central Térmica San Isidro I

Item	Potencia Bruta Medida (kW)	Potencia Bruta Corregida (kW)	Potencia Neta Medida (kW)	Potencia Neta Corregida (kW)	Potencia Máxima Corregida (kW)	Consumo Auxiliares Total (kW)
Unidad TG01 (Ciclo Abierto) - Diésel	207142.05	214726.58	205359.77	212944.30	214726.578 ± 697.300	1782.28 (532.08 (SSAA Propios) + 20.05 (SSAA Administrativos) + 1230.16 (Pérd. Transformador))
Unidad TG01 (Ciclo Abierto) - Gas	239505.65	252002.49	237533.76	250030.60	252002.486 ± 888.199	1971.89 (448.20 (SSAA Propios) + 20.90 (SSAA Administrativos) + 1502.79 (Pérd. Transformador))
Unidad TG01+TV02 (Ciclo Combinado) - Gas	363636.66	378993.68	356349.42	371706.44	378993.682 ± 1170.57	7287.24 (4656.13 (SSAA Propios) + 21.67 (SSAA Administrativos) + 2609.44 (Pérd. Transformador))

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

1 INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Descripción de la Empresa

Enel Generación Chile se constituyó en 1943 bajo la razón social de Empresa Nacional de Electricidad S.A. En 1994, se modificaron los estatutos de la sociedad, incorporándose el nombre de fantasía Endesa. En 2005, se agregó el nombre de fantasía Endesa Chile y, en 2016, se cambió la razón social a Enel Generación Chile S.A. y marca a "Enel Generación Chile". La compañía está inscrita en el Registro de Comercio de Santiago, a fs. 61 N°62 y fs. 65 vta. N°63, respectivamente, con fecha 19 de enero de 1944. Tiene su domicilio social y oficinas principales en calle Santa Rosa 76, Santiago de Chile.

1.2 Descripción de la Central Termoeléctrica San Isidro I

La Central Termoeléctrica San Isidro I, se ubica a 8 km. de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Esta central está conformada por un ciclo combinado; compuesta por una turbina de gas y una turbina de vapor, cuyas características se indican a continuación:

Tabla 1-1: Descripción de la Central Termoeléctrica San Isidro I

Concepto ¹	Unidad	Unidad TG01	Unidad TV02
Marca		Mitsubishi	Mitsubishi
Modelo		701 F	SRT 40.5 AX
Serie		-	-
Tipo de Unidad		Turbina de Gas	Turbina de Vapor
Tipo de Combustible		Gas Natural y Petróleo Diésel	-
Año de Fabricación	Año	1997	1997
Fecha de Entrada en Operación	dd-mm-aa	1998	1998
Potencia Nominal	MW	241	139
Potencia Mínimo Técnico con Gas Natural	MW	14.00	-
Potencia Mínimo Técnico con Petróleo Diésel	MW	13.00	-
Potencia Mínimo Técnico Ambiental con Gas Natural	MW	113.00	-
Potencia Mínimo Técnico Ambiental con Petróleo Diésel	MW	198.00	-
Potencia Máxima Técnico	MW	265.00	130
Tensión Nominal	kV	13.8	15
Factor de Potencia	-	0.85	0.85
Velocidad de Rotación	RPM	3 000	3 000

¹ Información extraída desde:

<https://www.enel.cl/es/inversionistas/inversionistas-enel-generacion/filiales/gasatacama-chile-sa/gas-atacama-chile.html> y <https://infotecnica.coordinador.cl/instalaciones/unidades-generadoras>

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

2 OBJETIVO DE LAS PRUEBAS

2.1 Pruebas de Potencia Máxima

Estos ensayos tienen por objeto contar con toda la información necesaria para calcular la potencia máxima de la central térmica bajo condiciones de estabilidad requeridas. Durante los ensayos se ha medido los siguientes parámetros:

Durante los ensayos se han medido los siguientes parámetros:

Tabla 2-1: Variables primarias

Ítem	Variable
Variables de Condiciones Ambientales	
a)	Temperatura Ambiente
b)	Humedad Relativa Ambiente
c)	Presión Ambiente
Variables Eléctricas	
a)	Potencia Activa Bruta
b)	Potencia Reactiva Bruta
c)	Factor de Potencia Bruta
d)	Potencia Activa Neta
e)	Potencia Reactiva Neta
f)	Factor de Potencia Neta

Así mismo, se registraron las siguientes variables secundarias que son las que se miden, pero no entran en el cálculo de la Determinación de Potencia Máxima de Unidades Generadoras, pero se miden para asegurarse que no se ha violado la condición de prueba requerida:

- Tensión.
- Velocidad de rotación
- Consumos propios o auxiliares.
- Temperatura del combustible.
- Presión de descarga del compresor.
- Presión de Ingreso del fluido de trabajo.
- Caudal de condensado, agua de alimentación y vapor principal.
- Presión y Temperatura de condensado.
- Temperatura de agua de alimentación.
- Presión y Temperatura de vapor principal.
- Temperatura de gases de escape a la entrada de la caldera de recuperación de calor.
- Temperatura de gases de escape en chimenea.
- Posición de los álabes directores de entrada al (a los) compresor(es) de la(s) turbina(s) a gas.
- Temperatura de agua de refrigeración en entrada y salida.

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

3 PROGRAMA DE LAS PRUEBAS

Luego de coordinaciones previas y a la luz de las condiciones encontradas en las unidades se definió finalmente los cronogramas que se indican en el Acta de Ensayo, del cual se indica en el siguiente cuadro el programa general de ensayos.

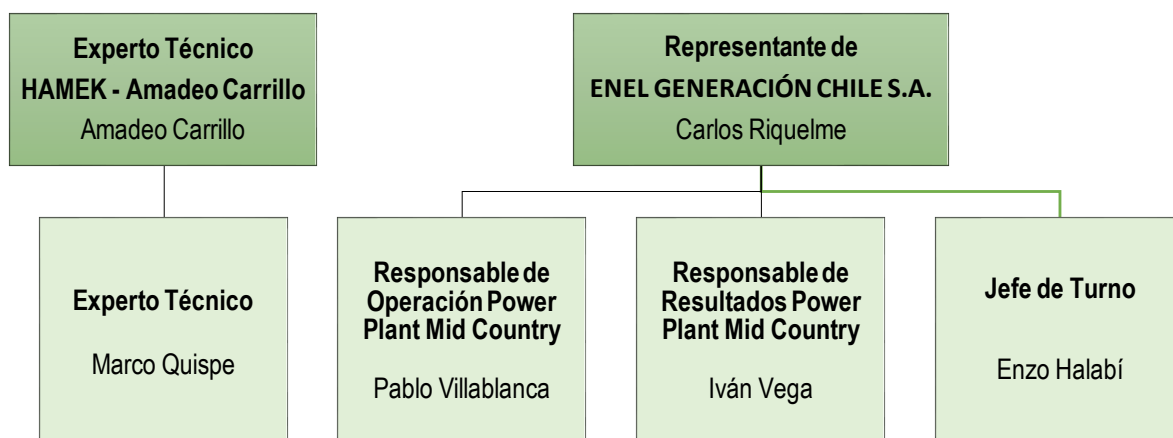
Tabla 3-1: Programa de Pruebas de la Central Térmica San Isidro I

Unidad	Fecha de Prueba	Condición de Carga	Hora de Inicio	Hora de Finalización
TG01 Ciclo Abierto operando con Diésel	22-Dic-2020	Carga Base	11:30	16:30
TG01 Ciclo Abierto operando con Gas	21-Dic-2020	Carga Base	11:15	16:15
TG01+TV02 Ciclo Combinado operando con Gas	28-Dic-2020	Carga Base	12:15	17:15

4 PARTICIPANTES EN LAS PRUEBAS Y ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL

Durante las pruebas han participado, el representante de ENEL GENERACIÓN CHILE S.A., el Experto Técnico y el Asistente de la CONSULTORA; como se indica en el siguiente gráfico.

Ilustración 4-1: Participantes y Organización del Personal durante las Pruebas



INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

5 CONDICIONES DE DISEÑO Y REFERENCIA

Según el Artículo 34 del Anexo Técnico, el Potencia Máxima Bruta Medida en la prueba correspondiente, podrá ser corregido a fin de homologarla con los valores de referencia para los cuales fue calculada la Potencia Original de Garantía. Para ello se hace uso de las Curvas de Corrección de las Unidades Generadoras de la Central Termoeléctrica.

Las condiciones de referencia a las cuales hay que corregir Potencia Máxima Medida son los que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 5-1: Condiciones de Referencia

Ítem	Unidades	Condiciones de Diseño	Condiciones de Referencia
Factor de Potencia		0.85	0.95
Temperatura Ambiente	(°C)	15.00	15.00
Humedad Relativa Ambiente	(%)	75.00	75.00

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

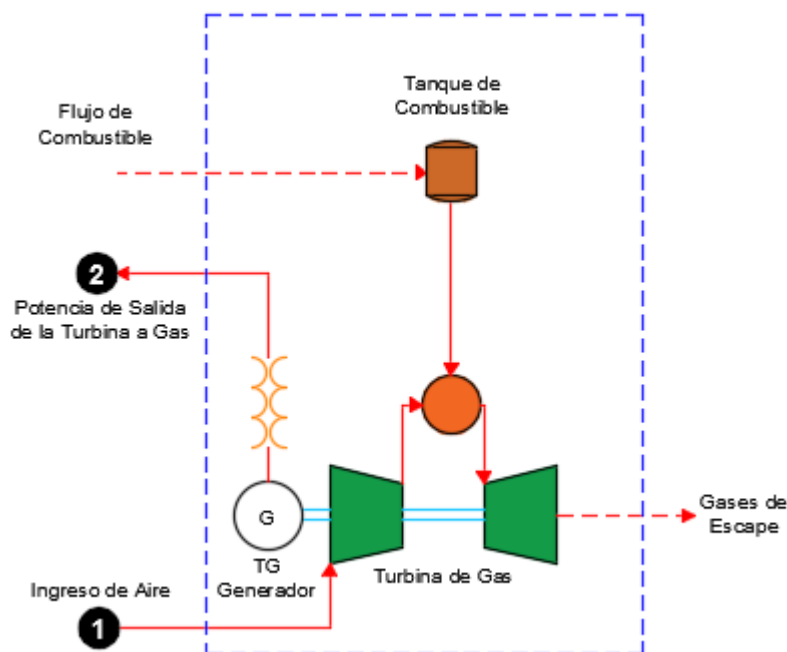
6 FRONTERA DE PRUEBA, MEDICIONES REQUERIDAS E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

6.1 Frontera de Prueba

La frontera de prueba identifica los flujos de energía que deben ser medidos para calcular los resultados corregidos. En la siguiente figura se identifica dichos flujos, considerando que son los que atraviesan la frontera, los otros flujos que se quedan dentro de la frontera no se necesitan para obtener los resultados corregidos; sin embargo, sirven para verificar las condiciones operativas.

6.1.1 Frontera de Prueba y Mediciones Requeridas para las Unidades Generadoras en la Configuración Ciclo Abierto

Ilustración 6-1: Frontera de Prueba de la Unidad Generadora (TG01) en Ciclo Abierto de la Central Térmica San Isidro I



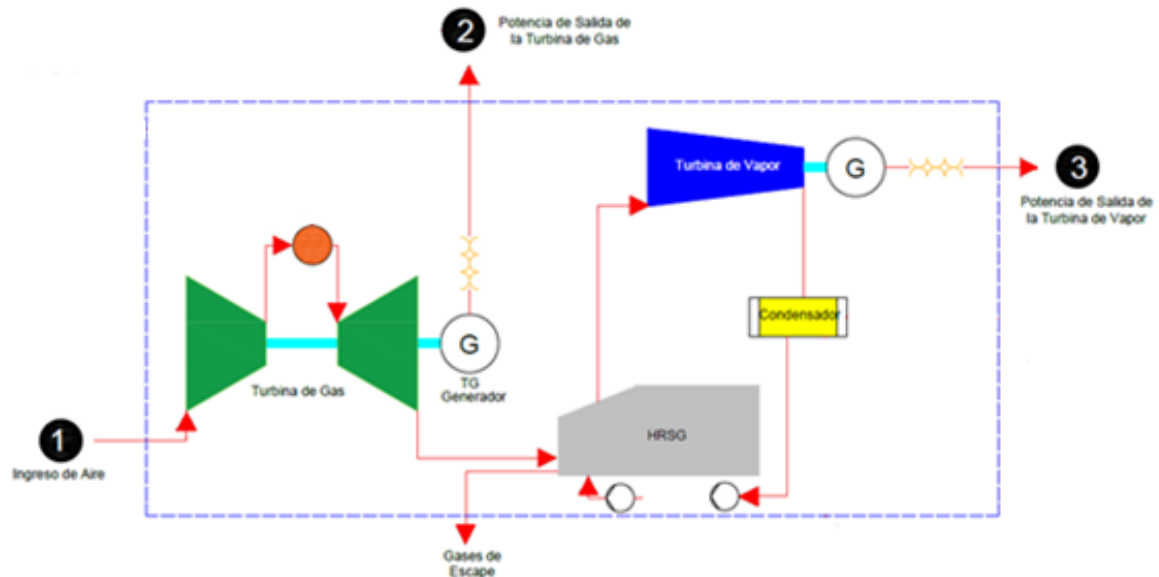
Para la obtención de los resultados corregidos, acorde con la frontera de prueba graficado anteriormente se requiere las siguientes mediciones:

1. Ingreso de aire para combustión, se requiere medir la temperatura, presión y humedad en donde el aire ingresa al compresor de la turbina a gas.
2. Potencia de salida del generador de la turbina a gas.

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

6.1.2 Frontera de Prueba y Mediciones Requeridas para las Unidades Generadoras en la Configuración Ciclo Combinado

Ilustración 6-2: Frontera de Prueba de la Unidad Generadora (TG01+TV02) en Ciclo Combinado de la Central Térmica San Isidro I



Para la obtención de los resultados corregidos, acorde con la frontera de prueba graficado anteriormente se requiere las siguientes mediciones:

1. Ingreso de aire para combustión, se requiere medir la temperatura, presión y humedad en donde el aire ingresa al compresor de la turbina a gas.
2. Potencia de salida del generador de la turbina a gas.
3. Potencia de salida del generador de la turbina de vapor.

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

6.2 Variables Medidas e Instrumentación de Medición

6.2.1 Variables Primarias

Estas variables son las que se miden y se utilizan en los cálculos de resultados de la Determinación de Potencia Máxima de la Unidad Generadora TG01 + TV02, pertenecientes a la Central Termoeléctrica San Isidro I. En la siguiente tabla se indica estas variables y los instrumentos de medición utilizados.

Tabla 6-1: Variables e Instrumentos de Medición Utilizados en las Pruebas

Variables Medidas	Unidad	Marca	Modelo	Serie
Potencia Bruta				
Parámetros eléctricos: Potencia, factor de potencia	TG01	Schneider Electric	ION 7650	MJ-1302A908-03
	TV02	Schneider Electric	ION 7650	MJ-1303A878-03
Potencia Neta				
Parámetros eléctricos: Potencia, factor de potencia	TG01	Schneider Electric	ION 7650	MJ-1009A639-02
	TV02	Schneider Electric	ION 7650	PJ-1009A676-02
Potencia de Servicios Auxiliares				
Parámetros eléctricos: Potencia, factor de potencia	SSAA TG01	Schneider Electric	ION 7650	MJ-1706A096-05
	SSAA TV02	Schneider Electric	ION 7650	MJ-1707A313-05
	11BJA01 TFA	Schneider Electric	PM5560	600102699
	11BJC01 HVAC	Schneider Electric	PM5560	600102691
	11BJC01 TFA	Schneider Electric	PM5560	600102691
Condiciones Ambientales				
Parámetros ambientales: Presión ambiente.	TG01 TV02	Vaisala	PTB110	P2440211
Parámetros ambientales: Temperatura ambiente y humedad relativa.	TG01 TV02	Okazaki	-	ABS44901

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

7 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

7.1 Validación de Datos

Las mediciones de las Variables Primarias, cuyos datos registrados se encuentren fuera de los rangos de fluctuación indicados en la siguiente tabla serán eliminadas. Respecto a los datos que serán eliminados, se debe condicionar la prueba a la estabilidad exigida.

Las mediciones válidas serán todas las mediciones efectuadas menos las mediciones eliminadas.

Tabla 7-1: Condiciones de estabilidad de la Prueba de Potencia Máxima de la Central Térmica San Isidro I

Parámetro	Máxima fluctuación respecto al valor promedio
Potencia eléctrica de salida	± 1.3 %
Factor de Potencia	± 1.3 %
Presión barométrica	± 0.33 %
Temperatura de ingreso del aire	± 1.3 °F o ± 0.72 °C
Presión del combustible gaseoso suministrado a la turbina de gas	± 0.65 %
Flujo de combustible	± 1.3 %
Presión de descarga	± 0.33 %
Velocidad de rotación	± 0.65 %

7.2 Cálculos de Potencia Bruta Máxima

7.2.1 Resultados de las Potencia Bruta Máxima Medido ($PBM_{M,TG}$)

Para los datos validados se determinará la potencia bruta máxima considerando igual al promedio horario de la potencia bruta medida en los bornes del generador, donde cada promedio horario, es a su vez el promedio de mediciones de potencia tomadas cada 5 minutos.

$$PBM_{M,TG} = \frac{\sum_{i=1}^n PBM_{M,TG_i}}{n}$$

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

7.2.2 Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Corregida ($PBM_{C,TG}$)

Para calcular el valor de Potencia Bruta Máxima Corregida, esta deberá ser ajustada por medio de la aplicación de factores de corrección multiplicativos. Para ello se aplicará la siguiente formula:

$$PBM_{C,TG} = \frac{PBM_{M,TG}}{\alpha_1 * \alpha_2}$$

Donde:

- $PBM_{C,TG}$: Potencia Bruta Máxima Corregida, kW.
- $PBM_{M,TG}$: Potencia Bruta Máxima Medida, kW.
- α_1 : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente.
- α_2 : Factor de Corrección por Humedad Relativa.

Según la norma ASME PTC 22, el factor de corrección α_1 se deduce de la curva de corrección y es el resultado de dividir el factor de corrección de las condiciones de prueba a las condiciones de diseño entre el factor de corrección de las condiciones de referencia a las condiciones de diseño; así por ejemplo el factor de corrección por temperatura ambiente se deduce de la siguiente manera:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_{1a}}{\alpha_{1b}}$$

Donde:

- α_1 : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente.
- α_{1a} : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente de las condiciones de pruebas a las condiciones de diseño.
- α_{1b} : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente de las condiciones de referencia a las condiciones de diseño.

Finalmente, factor de corrección por humedad relativa (α_2) se deduce de la siguiente manera:

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_{2a}}{\alpha_{2b}}$$

Donde:

- α_2 : Factor de Corrección por Humedad Relativa.
- α_{2a} : Factor de Corrección por Humedad Relativa de las condiciones de pruebas a las condiciones de diseño.
- α_{2b} : Factor de Corrección por Humedad Relativa de las condiciones de referencia a las condiciones de diseño.

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

7.2.3 Cálculo de la Potencia Neta Máxima Medida ($PNM_{M,TG}$)

Se determinará la potencia neta máxima considerando igual al promedio horario de la potencia neta medida en la subestación, donde cada promedio horario, es a su vez el promedio de mediciones de potencia tomadas cada 5 minutos.

$$PNM_{M,TG} = \frac{\sum_{i=1}^n PNM_{M,TG_i}}{n}$$

7.2.4 Cálculo de la Potencia Neta Máxima Corregida ($PNM_{C,TG}$)

Para calcular el valor de Potencia Neta Máxima Corregida, se aplicará la siguiente formula:

$$PNM_{C,TG} = PBM_{C,TG} - SSAA_{TG}$$

Donde:

- $PNM_{C,TG}$: Potencia Neta Máxima Corregida, kW.
- $PBM_{C,TG}$: Potencia Bruta Máxima Corregida, kW.
- $SSAA_{TG}$: Servicios Auxiliares Totales, kW.

Siendo:

$$SSAA_{TG} = PBM_{M,TG} - PNM_{M,TG}$$

- $SSAA_{TG}$: Servicios Auxiliares Totales, kW.
- $PBM_{M,TG}$: Potencia Bruta Máxima Medida, kW.
- $PNM_{M,TG}$: Potencia Neta Máxima Medida, kW

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

7.3 Cálculos de la incertidumbre

La incertidumbre del resultado de la prueba, es un cálculo matemático que calcula con una confianza específica, el rango dentro del cual se encuentran los resultados reales.

Según la norma ASME PTC 19.1 "Test Uncertainty"; para la unidad que estamos evaluando en el modo de ciclo simple y ciclo combinado, la incertidumbre más grande deseada es igual a 0.8%.

A continuación, se muestra la metodología utilizada en el cálculo de la Incertidumbre de la prueba de Potencia Máxima

7.3.1 Incertidumbre de la Prueba

El cálculo de la incertidumbre total de una prueba, así como la composición de la incertidumbre sistemática y aleatoria, e obtendrán de la siguiente expresión:

$$U_{95} = \sqrt{B_R^2 + (t \cdot S_R)^2}$$

Donde el primer término corresponde a la contribución de la incertidumbre sistemática y el segundo, a la del azar.

La expresión anterior nos muestra la incertidumbre absoluta, es decir, en la unidad del resultado de la prueba (Potencia Máxima Corregido), para calcular la incertidumbre relativa porcentual se aplica lo siguiente:

$$U_R \% = \frac{U_R}{R}$$

a) Cálculo de la Incertidumbre Sistemática Absoluta

La incertidumbre sistemática absoluta se calcula con la siguiente expresión:

$$B_R = \sqrt{\sum_i (\theta_i \cdot B_{\bar{P}i})^2}$$

Donde:

- B_R : Incertidumbre sistemática total, %.
- θ_i : Coeficiente de sensibilidad % / %.
- $B_{\bar{P}i}$: Incertidumbre sistemática de cada variable individual %.
- i : La sumatoria al ejecutar todas las variables que intervienen en el cálculo del resultado.

La incertidumbre Sistemática Instrumental de cada variable que interviene en el cálculo del resultado final se obtendrá de:

$$B_{\bar{P}i} = \frac{\text{Precisión}\%}{100} \cdot \bar{X}_i$$

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

El coeficiente de sensibilidad absoluto se obtendrá de:

$$\theta_i = \frac{\partial R}{\partial \bar{X}_i} \approx \frac{\Delta R}{\Delta \bar{X}_i}$$

Así también, el coeficiente de sensibilidad relativa se obtendrá de:

$$\theta_i' = \frac{\bar{X}_i}{R} \cdot \frac{\partial R}{\partial \bar{X}_i}$$

Donde:

- $\bar{X}_i$: Valor medio de la variable obtenida durante la prueba.
- R : Resultado de los cálculos de la prueba.

El valor de $\bar{X}_i$, llamado Valor Medio, será calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\bar{P}_i = \frac{1}{N_j} \cdot \sum_{k=1}^{N_j} P_{ik}$$

Donde:

- N_j : Número total de lecturas de la variable i.
- P_{ik} : Valor de la lectura k de la variable i.
- P_{ik} : La sumatoria al ejecutar todas las lecturas registradas durante la prueba de la variable i.

b) Cálculo de la Incertidumbre Aleatoria Absoluta

La incertidumbre aleatoria absoluta se dará por:

$$tS_R = \sqrt{\sum_i (\theta_i \cdot S_{\bar{X}_i} \cdot t_{95,v})^2}$$

Donde:

- N_j : Número total de lecturas de la variable i.
- tS_R : Incertidumbre aleatoria Absoluta.
- $S_{\bar{X}_i}$: Desviación estándar de la media de la variable Xi.
- $t_{95,v}$: t Student's con 95% de Confiabilidad y $v = N_j - 1$ grados de libertad.

La desviación estándar de la media se obtendrá de:

$$S_{\bar{X}_i} = \frac{1}{\sqrt{N_j}} \sqrt{\sum_{k=1}^{N_j} \frac{(X_{ik} - \bar{X}_i)^2}{N_j - 1}}$$

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

8 CÁLCULO DE POTENCIA MÁXIMA

Los cuadros de cálculo de la prueba de Potencia Máxima de la Central Térmica San Isidro I, se muestran en el Apéndice B.

9 RESULTADOS

9.1 Resultados de las Pruebas Potencia Máxima

Tabla 9-1: Resultados de las Pruebas de Potencia Máxima de la Central Térmica San Isidro I

Item	Potencia Bruta Medida (kW)	Potencia Bruta Corregida (kW)	Potencia Neta Medida (kW)	Potencia Neta Corregida (kW)	Potencia Máxima Corregida (kW)	Consumo Auxiliares Total (kW)
Unidad TG01 (Ciclo Abierto) - Diésel	207142.05	214726.58	205359.77	212944.30	214726.578 ± 697.300	1782.28 (532.08 (SSAA Propios) + 20.05 (SSAA Administrativos) + 1230.16 (Pérd. Transformador))
Unidad TG01 (Ciclo Abierto) - Gas	239505.65	252002.49	237533.76	250030.60	252002.486 ± 888.199	1971.89 (448.20 (SSAA Propios) + 20.90 (SSAA Administrativos) + 1502.79 (Pérd. Transformador))
Unidad TG01+TV02 (Ciclo Combinado) - Gas	363636.66	378993.68	356349.42	371706.44	378993.682 ± 1170.57	7287.24 (4656.13 (SSAA Propios) + 21.67 (SSAA Administrativos) + 2609.44 (Pérd. Transformador))

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

9.2 Resultados de Incertidumbre

Tabla 9-2: Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Potencia Máxima de la Unidad Generadora (TG01) en Ciclo Abierto con Diésel de la Central Térmica San Isidro I

Prueba de Potencia Máxima de la Unidad TG01 - Ciclo Abierto							
Descripción	Valor Nominal	PBM _{c cc} Potencia Bruta Corregida	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático de Cada Prueba	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Prueba	U _R Incertidumbre Absoluta Total de Cada Prueba	Nota
Potencia Bruta Corregida - Primera Prueba	212000	214516.685	kW	691.274	631.098	936.026	Del cálculo de Incertidumbre de la Primera Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Segunda Prueba	212000	214722.998	kW	678.115	535.721	864.197	Del cálculo de Incertidumbre de la Segunda Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Tercera Prueba	212000	214722.651	kW	671.850	287.176	730.653	Del cálculo de Incertidumbre de la Tercera Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Cuarta Prueba	212000	214768.601	kW	668.301	391.627	774.595	Del cálculo de Incertidumbre de la Cuarta Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Quinta Prueba	212000	214901.957	kW	669.437	227.096	706.907	Del cálculo de Incertidumbre de la Quinta Prueba de la Potencia Máxima
Promedio de Potencia Bruta Corregida		214726.578	kW				
Desviación Estandar de Potencia Bruta Corregida		61.890	kW				
Student's t de Potencia Bruta Corregida		2.7765	kW				
Incertidumbre Sistemática de la Potencia Bruta Corregida			kW	675.795			
Incertidumbre Aleatoria de la Potencia Bruta Corregida			kW		171.837		
Incertidumbre Absoluta total de la Potencia Bruta Corregida			kW			697.300	
Incertidumbre Relativa total de la Potencia Bruta Corregida			%			0.325	

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

Tabla 9-3: Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Potencia Máxima de la Unidad Generadora (TG01) en Ciclo Abierto con Gas de la Central Térmica San Isidro I

Prueba de Potencia Máxima de la Unidad TG01 - Ciclo Abierto

Descripción	Valor Nominal	PBM _{c cc} Potencia Bruta Corregida	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático de Cada Prueba	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Prueba	U _R Incertidumbre Absoluta Total de Cada Prueba	Nota
Potencia Bruta Corregida - Primera Prueba	255000	251406.827	kW	749.403	598.372	958.986	Del cálculo de Incertidumbre de la Primera Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Segunda Prueba	255000	251878.835	kW	741.081	611.535	960.820	Del cálculo de Incertidumbre de la Segunda Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Tercera Prueba	255000	252279.911	kW	738.963	387.884	834.578	Del cálculo de Incertidumbre de la Tercera Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Cuarta Prueba	255000	252045.050	kW	743.931	341.670	818.640	Del cálculo de Incertidumbre de la Cuarta Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Quinta Prueba	255000	252401.806	kW	749.580	335.381	821.189	Del cálculo de Incertidumbre de la Quinta Prueba de la Potencia Máxima
Promedio de Potencia Bruta Corregida		252002.486	kW				
Desviación Estandar de Potencia Bruta Corregida		174.404	kW				
Student´s t de Potencia Bruta Corregida		2.7765	kW				
Incertidumbre Sistemática de la Potencia Bruta Corregida			kW	744.592			
Incertidumbre Aleatoria de la Potencia Bruta Corregida			kW		484.231		
Incertidumbre Absoluta total de la Potencia Bruta Corregida			kW			888.199	
Incertidumbre Relativa total de la Potencia Bruta Corregida			%			0.352	

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

Tabla 9-4: Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Potencia Máxima de la Unidad Generadora (TG01+TV02) en Ciclo Combinado con Gas de la Central Térmica San Isidro I

Prueba de Potencia Máxima de la Unidad TG01+TV02 - Ciclo Combinado

Descripción	Valor Nominal	PBM _{CC} Potencia Bruta Corregida	Unidad	B _R Incertidumbre Sistematico de Cada Prueba	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Prueba	U _R Incertidumbre Absoluta Total de Cada Prueba	Nota
Potencia Bruta Corregida - Primera Prueba	380000	379025.661	kW	996.741	575.645	1151.026	Del cálculo de Incertidumbre de la Primera Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Segunda Prueba	380000	378203.284	kW	1000.918	747.885	1249.467	Del cálculo de Incertidumbre de la Segunda Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Tercera Prueba	380000	379270.531	kW	993.162	414.017	1076.002	Del cálculo de Incertidumbre de la Tercera Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Cuarta Prueba	380000	379512.524	kW	991.211	929.680	1358.972	Del cálculo de Incertidumbre de la Cuarta Prueba de la Potencia Máxima
Potencia Bruta Corregida - Quinta Prueba	380000	378956.411	kW	1005.949	256.199	1038.062	Del cálculo de Incertidumbre de la Quinta Prueba de la Potencia Máxima
Promedio de Potencia Bruta Corregida		378993.682	kW				
Desviación Estandar de Potencia Bruta Corregida		220.566	kW				
Student's t de Potencia Bruta Corregida		2.7765	kW				
Incertidumbre Sistematica de la Potencia Bruta Corregida			kW	997.596			
Incertidumbre Aleatoria de la Potencia Bruta Corregida			kW		612.401		
Incertidumbre Absoluta total de la Potencia Bruta Corregida			kW			1170.570	
Incertidumbre Relativa total de la Potencia Bruta Corregida			%			0.309	

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

APÉNDICES

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	Enel Generación Chile S.A.	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo