



CONSORCIO:	GENERADOR:
	

PROYECTO	CLIENTE
<p>PRUEBAS DE POTENCIA MÁXIMA EN UNIDADES GENERADORAS</p>	

TITULO:	<p>INFORME FINAL DE LAS PRUEBAS DE POTENCIA MÁXIMA CENTRAL MEJILLONES UNIDAD GENERADORA CTM3 EN LA CONFIGURACIÓN CICLO SIMPLE (ABIERTO) Y CICLO COMBINADO CON PETRÓLEO DIÉSEL.</p>
N° DE DOCUMENTO PROYECTO	<p>CTM3-1-INF-HMK-001</p>

REV.	1	EDITADO PARA	Coordinador Eléctrico Nacional
FECHA	15/07/2022		

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

REGISTROS DE REVISIONES				
REVISION N°	DIA DE EMISIÓN	REVISIONES	REVISADO POR	APROBADO POR
1	20/07/2022	Revisión 1	Alfredo Valladares	Amadeo Carrillo V.

APROBACIÓN DE DOCUMENTOS

ENGIE ENERGIA CHILE S.A.			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
HAMEK INGENIEROS ASOCIADOS S.A.C.			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA

CONTENIDO GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL	8
1.1. Descripción de la Empresa	8
1.2. Descripción de la Central Termoeléctrica Mejillones.....	8
2. OBJETIVO DE LOS PRUEBAS	9
2.1. Pruebas de Potencia Máxima.....	9
3. PROGRAMA DE LAS PRUEBAS	10
4. PARTICIPANTES EN LAS PRUEBAS Y ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL	10
5. CONDICIONES DE DISEÑO Y REFERENCIA	11
6. PUNTOS DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA	11
6.1. Puntos de Medición requeridas para la unidad CTM3 en Ciclo Simple (Abierto).	11
6.2. Puntos de Medición requeridas para la unidad CTM3 en Ciclo Combinado.	12
6.3. Variables Medidas e Instrumentos de Medición	13
7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	13
7.1. Validación de datos.....	13
7.2. Cálculos de Potencia en Modo Ciclo Simple (abierto).....	14
7.2.1. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple ($PBM_{m,TG}$)	14
7.2.2. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple ($PBM_{c,TG}$)	14
7.2.3. Cálculo de la Potencia Neta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple ($PNM_{m,TG}$)	15
7.2.4. Cálculo de la Potencia Neta Máxima corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple ($PNM_{c,TG}$)	15
7.3. Cálculos de Potencia en Modo Ciclo Combinado	16
7.3.1. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PBM_{m,TG} + PBM_{m,TV}$).....	16
7.3.2. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Corregida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PBM_{c,cc}$)	16
7.3.3. Cálculo de la Potencia Neta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PNM_{m,cc}$)	17
7.3.4. Cálculo de la Potencia Neta Máxima Corregida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PNM_{c,cc}$)	17

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
Informe	PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	3

7.4.	Cálculos de la Incertidumbre.....	18
7.4.1.	Incertidumbre Parcial de la Prueba	18
a)	Cálculo de la Incertidumbre Sistemática Absoluta	18
b)	Cálculo de la Incertidumbre Aleatoria Absoluta	19
7.4.2.	Incertidumbre Total de la Prueba.....	20
8.	CÁLCULO DE POTENCIA MÁXIMA.....	21
9.	RESULTADOS	21
9.1.	Resultados Parciales de la Prueba de Potencia Máxima	21
9.2.	Resultados de Incertidumbre	22
9.3.	Resultados de la Prueba de Potencia Máxima.....	24

APÉNDICES

APÉNDICE A:	Actas de Ensayo.
APÉNDICE B:	Cuadros de Cálculo
APÉNDICE C:	Protocolo de Pruebas

CONTENIDO DE CUADROS

CUADRO 1-1:	Unidades de la Central Térmica Mejillones	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 1-2:	Características de la Unidad CTM3 de la Central Térmica Mejillones	9
CUADRO 2-1:	Variables Medidas	9
CUADRO 3-1:	Programa de Pruebas de la Central Termoeléctrica Mejillones.....	10
CUADRO 5-1:	Condiciones de Diseño y de Referencia.....	11
CUADRO 6-1:	Variables e Instrumentos de Medición Utilizados en las Pruebas.....	13
CUADRO 7-1:	Condiciones de estabilidad de la Prueba de Potencia Máxima.....	14
CUADRO 9-1:	Resultados Parciales de la Prueba de Potencia Máxima – CTM3 – Ciclo Simple o Abierto – Petróleo Diésel	21
CUADRO 9-2:	Resultados Parciales de la Prueba de Potencia Máxima – CTM3 – Ciclo Combinado – Petróleo Diésel	21
CUADRO 9-7:	Resultados de la Incertidumbre – CTM3 – Ciclo Simple o Abierto – Petróleo Diésel	22
CUADRO 9-8:	Resultados de la Incertidumbre – CTM3 – Ciclo Combinado - Petróleo Diésel	23
CUADRO 9-9:	Resultados de la Prueba de Potencia Máxima de la Unidad CTM3 de la Central Termoeléctrica Mejillones.....	24

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	4

CONTENIDO DE FIGURAS

GRAFICO 4-1: Participantes y Organización del Personal durante las Pruebas	10
GRAFICO 6-1: Puntos de Medición de la prueba del Ciclo Simple.....	11
GRAFICO 6-2: Puntos de Medición de la prueba del Ciclo Combinado.....	12

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	5

RESUMEN EJECUTIVO

ENGIE Energía Chile es una empresa con presencia en los mercados de generación, transmisión y suministro de electricidad, transporte de gas e infraestructura portuaria. Sus principales clientes provienen de los sectores minería, industrial y de distribución eléctrica, tanto del norte como de la zona centro y sur del país. En 2020, sus ventas de energía ascendieron a 11.408 GWh, un aumento de 3% respecto del año 2019. La generación bruta durante el 2020 fue de 6.945 GWh, un 22% mayor que la de 2019, la participación del mercado de potencia de ENGIE en Chile es del 8% de los 26.1 GW de potencia instalados.

Durante los ensayos se ha medido los siguientes parámetros primarios:

- Potencia bruta.
- Potencia neta.
- Presión ambiente.
- Temperatura ambiente.
- Humedad relativa ambiente.
- Temperatura de fuente fría (agua de mar)

Condiciones de diseño y referencia:

Tabla N° 1
Condiciones de Diseño y de Referencia

Ítem	FDP	Temp. Ambiente (°C)	Presión Ambiente (bara)	HR Ambiente (%)	Temp. Fuente Fría (°C)
Condiciones de Diseño	0.80	17.50	1.021	78.71	18.00
Condiciones de Referencia	0.95	18.00	1.013	75.0	18.00

RESULTADOS

1.1. Resultados de la Prueba de Potencia Máxima

Tabla N° 3
Resultados de la Prueba de Potencia Máxima de la
Unidad Generadora CTM3 de la Central Mejillones

Ítem	Potencia Bruta Medida	Potencia Bruta Corregida	Potencia Neta Medida	Potencia Neta Corregida	Potencia Máxima Corregida	Consumo Auxiliares
	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
CTM3 Ciclo Simple o Abierto con Petróleo Diésel	160146,97	156153,51	149026,67	145033,21	156153,506 ± 1097,018	11120,30
CTM3 Ciclo Combinado con Petróleo Diésel	246308,63	242033,71	233139,67	228864,74	242033,705 ± 1427,563	13168,97

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Descripción de la Empresa

ENGIE Energía Chile es una empresa con presencia en los mercados de generación, transmisión y suministro de electricidad, transporte de gas e infraestructura portuaria. Sus principales clientes provienen de los sectores minería, industrial y de distribución eléctrica, tanto del norte como de la zona centro y sur del país. En 2020, sus ventas de energía ascendieron a 11.408 GWh, un aumento de 3% respecto del año 2019. La generación bruta durante el 2020 fue de 6.945 GWh, un 22% mayor que la de 2019, la participación del mercado de potencia de ENGIE en Chile es del 8% de los 26.1 GW de potencia instalados

1.2. Descripción de la Central Termoeléctrica Mejillones

La Central Termoeléctrica Mejillones ubicada en la Costanera oriente 4000, barrio industrial del puerto Mejillones.

La primera unidad generadora entró en servicio comercial en 1995, fue diseñada con un criterio de sustentabilidad de los procesos. En sus instalaciones abundan extensos jardines que se extienden hasta el acceso principal, donde se levanta la "Plaza de las Tortugas", un paseo público que cuenta con variadas especies florales y decorativas, y que es punto de encuentro de la empresa con la comunidad.

El parque generador de la Central Termoeléctrica Mejillones cuenta con dos unidades a carbón (CTM1 y CTM2) que comparten una chimenea, una de ciclo combinado (CTM3) que opera con a base de Gas Natural y Petróleo Diesel y las unidades CTA y CTH operando con carbón, ambas con sus propias chimeneas.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	8

CUADRO 1-1: Características de la Unidad CTM3 de la Central Térmica Mejillones

Unidad	Componentes	Marca/ modelo/ Serie	Potencia Nominal Generador (MVA)	Tensión Nominal (kV)	Potencia Nominal Turbina (MW)	Factor de Potencia	Fecha de entrada en operación comercial
CTM3 - TG	Turbina a gas	Ansaldo Siemens	185	15	156	0.85	17/06/2000
CTM3 - TV	Turbina a vapor	Ansaldo Siemens	111	11.5	94	0.85	17/06/2000

2. OBJETIVO DE LOS 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:

CUADRO 2-1: Variables Medidas

Ítem	Variables	Ciclo Simple	Ciclo Combinado
Variables ambientales			
a)	Temperatura ambiente	✓	✓
b)	Humedad relativa ambiente	✓	✓
c)	Presión ambiente	✓	✓
d)	Temperatura de fuente fría (temperatura de entrada de agua de mar)		✓
Variables eléctricas			
a)	Potencia bruta medida (potencia activa bruta)	✓	✓
b)	Factor de Potencia Bruta	✓	✓
c)	Potencia neta medida (Potencia Activa Neta)	✓	✓
d)	Potencia en auxiliares	✓	✓

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.

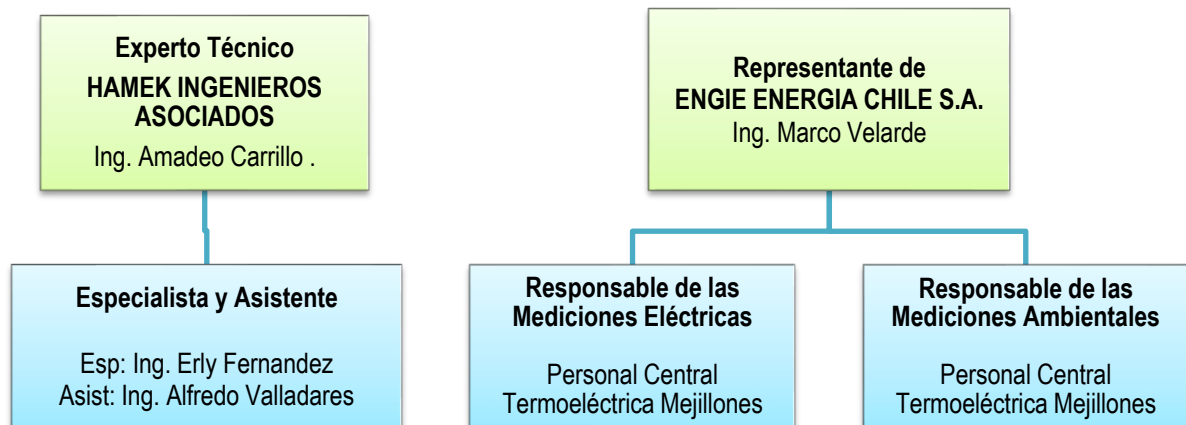
CUADRO 3-1: Programa de Pruebas de la Central Termoeléctrica Mejillones

Unidad	Fecha de Prueba	Condición de Carga	Hora de Inicio	Hora de Finalización
CTM3 Ciclo Combinado y Ciclo Abierto con Petróleo Diésel	23-Jun-2022	Carga Base	19:10	00:10

4. PARTICIPANTES EN LAS PRUEBAS Y ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL

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

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



5. CONDICIONES DE DISEÑO Y REFERENCIA

Según el Artículo 34 del Anexo Técnico, la Potencia Máxima Bruta Medida en la prueba correspondiente, podrá ser corregida a fin de homologarla con los valores de referencia para los cuales fue calculada la potencia original de garantía.

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

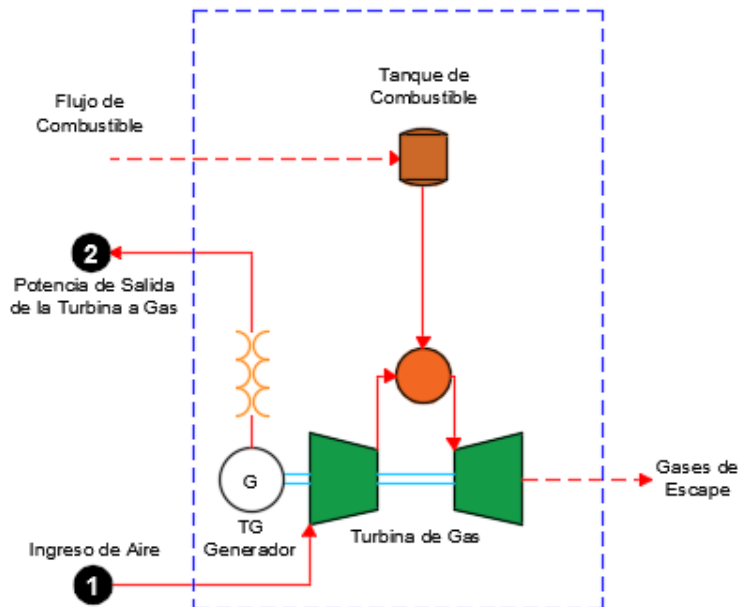
CUADRO 5-1: Condiciones de Diseño y de Referencia

Ítem	FDP MD	Temp. Ambiente (°C)	Presión Ambiente (bara)	HR Ambiente (%)	Temp. Fuente Fría (°C)
Condiciones de Diseño	0.80	17.5	1.021	78.7	18.00
Condiciones de Referencia	0.95	18.0	1.013	75.0	18.00

6. PUNTOS DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

6.1. Puntos de Medición requeridas para la unidad CTM3 en Ciclo Simple (Abierto).

GRAFICO 6-1: Puntos de Medición de la prueba del Ciclo Simple

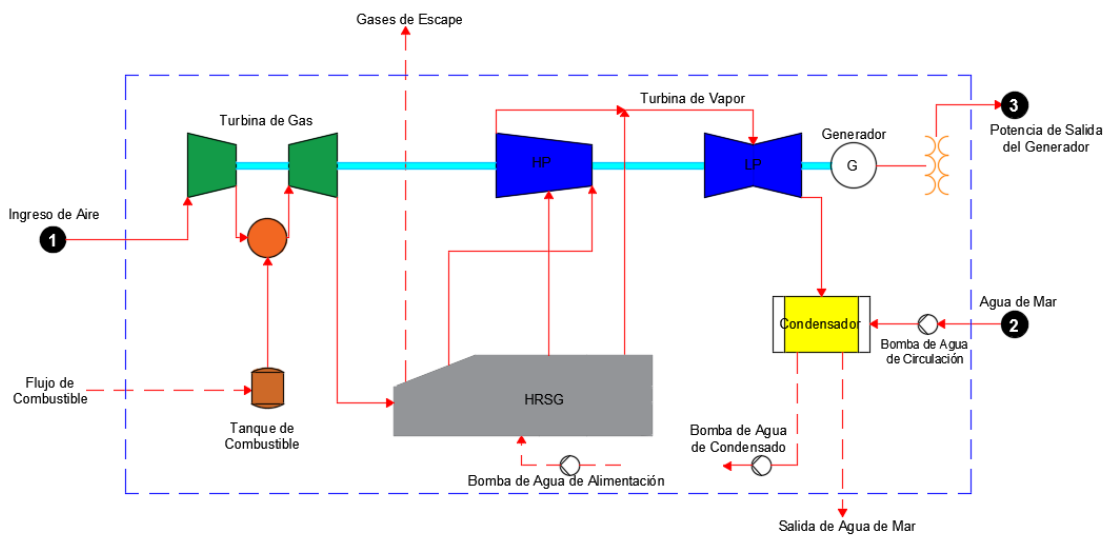


Para la obtención de los resultados corregidos, acorde con la frontera de prueba graficado anteriormente se requiere las siguientes mediciones:

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.

6.2. Puntos de Medición requeridas para la unidad CTM3 en Ciclo Combinado.

GRAFICO 6-2: Puntos de Medición de la prueba del Ciclo Combinado



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. Condiciones del absorbente de calor, en este caso siendo un ciclo de enfriamiento abierto corresponde a la temperatura del agua circulante (agua de mar), en el punto en donde cruza la frontera de prueba.
3. Potencia de salida del generador de la turbina a gas y turbina de vapor

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados
			Página N°
			12

6.3. Variables Medidas e Instrumentos de Medición

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

Variables medidas	Unidad	Marca	Modelo	Serie	Numero de Certificado
Potencia Bruta TG					
Parámetros eléctricos de la Turbina de Gas:	CTM3 - TG	HIOKI	PW3198	150930574	LC - 15916
	Potencia Neta TG				
	CTM3 - TG	HIOKI	PQ3198	150930573	LC - 15917
Potencia Bruta TV					
Parámetros eléctricos de la Turbina de Vapor:	CTM3 - TV	HIOKI	PW3198	150524948	LC - 17294
	Potencia Neta TV				
	CTM3 - TV	HIOKI	PQ3198	190630405	LC - 15968
Servicios Auxiliares					
Parámetros eléctricos: Sistemas Auxiliares	CTM3 - SSAA	AEMC	8435	160662 NGH	LC - 18869
Ambientales y Agua de Mar					
Temperatura Ambiente	CTM3	-	E203950	OT - 55547	SMI - 117410TE
Humedad Ambiente		VAISALA	PTB110	T5220441	H47-21520009
Presión Ambiente					
Temperatura de agua de Mar	-	SENSOR	25-HMP60-A	T4241395	-

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 el Cuadro 7-1, serán eliminados. Respecto a los datos que serán eliminados, se debe condicionar la prueba a la estabilidad exigida, solo se aceptará eliminar datos fuera de este rango por errores del instrumento o peak de lectura no atribuibles al sistema de control u operación normal de la unidad.

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

CUADRO 7-1: Condiciones de estabilidad de la Prueba de Potencia Máxima

Parámetro	Máxima fluctuación respecto al valor promedio
Potencia eléctrica de salida	± 1.3 %
Factor de potencia	± 1.3 %
Presión barométrica	± 0.33%
Temperatura del aire de entrada	± 0.72 °C
Velocidad de rotación de la turbina a gas	± 0.65 %

7.2. Cálculos de Potencia en Modo Ciclo Simple (abierto)

7.2.1. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple ($PBM_{m,TG}$)

Para los datos validados se determinará la potencia máxima bruta 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.

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

7.2.2. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple ($PBM_{C,TG}$)

$$PBM_{C,TG} = (PBM_{m,TG} + \Delta FP_{TG}) \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3$$

Donde:

$PBM_{m,TG}$: Potencia bruta medida en bornes del generador de la TG, en kW

$$\Delta FP_{TG} = LPF_{TG,prueba} - LPF_{TG,ref}$$

ΔFP_{TG} : Correcciones por pérdidas del generador de la TG por diferencia del factor de potencia

$LPF_{TG,prueba}$: Pérdida del generador de la TG a la potencia bruta máxima y el factor de potencia medida durante las pruebas de la TG, según curvas del generador, en kW.

$LPF_{TG,ref}$: Pérdida del generador de la TG a la potencia bruta máxima y el factor de potencia a las condiciones de referencia de la TG, según curvas del generador, en kW.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
Informe	PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados
			14

- α_1 : Factor de corrección por temperatura ambiente
- α_2 : Factor de corrección por humedad ambiente
- α_3 : Factor de corrección por humedad ambiente
- $PBM_{C,TG}$: Potencia bruta corregida de la TG en ciclo simple, para condiciones de referencia, en kW.

Los factores de corrección α_1 , α_2 y α_3 se deducen de las curvas de corrección y cada uno de ellos son el resultado de dividir el factor de corrección de las condiciones de diseño al de referencia entre el factor de corrección de las condiciones de prueba al de diseño; así por ejemplo el factor de corrección por temperatura se obtendrá de la siguiente manera:

$$\alpha_1 = FC_{t(d,r)} / FC_{t(y,d)}$$

Donde:

- $FC_{t(d,r)}$: Factor de corrección de la temperatura ambiente de las condiciones de diseño al de referencia.
- $FC_{t(y,d)}$: Factor de corrección de la temperatura ambiente de las condiciones de prueba al de diseño.

7.2.3. Cálculo de la Potencia Neta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple ($PNM_{m,TG}$)

Para los datos validados se determinará la potencia máxima neta medida considerando igual al promedio horario de la potencia neta medida en el lado de alto voltaje del transformador, 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 de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple ($PNM_{C,TG}$)

$$PNM_{C,TG} = PBM_{C,TG} - (L_{AUX} + L_{EXC} + L_{TRAFO})_{TG}$$

Donde:

- $PNM_{C,TG}$: Potencia Neta Máxima Corregida de la TG, en kW
- $PBM_{C,TG}$: Potencia Bruta Máxima Corregida de la TG, en kW
- L_{AUX} : Pérdidas en auxiliares de la TG, en kW
- L_{EXC} : Pérdidas en la excitatriz
- L_{TRAFO} : Pérdidas en el transformador

Siendo:

$$(L_{AUX} + L_{EXC} + L_{TRAFO})_{TG} = PBM_{m,TG} - PNM_{m,TG}$$

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	15

7.3. Cálculos de Potencia en Modo Ciclo Combinado

7.3.1. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PBM_{m,TG} + PBM_{m,TV}$)

Para los datos validados se determinará la potencia máxima bruta 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.

$$PBM_{m,CC} = \frac{\sum_{i=1}^n PBM_{m,CC_i}}{n}$$

7.3.2. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Corregida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PBM_{c,cc}$)

$$PBM_{c,CC} = (PBM_{mTG} + PBM_{mTV} + \Delta FP_{GEN}) \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4$$

Donde:

$PBM_{m,TG}$: Potencia bruta medida en bornes del generador de la TG, en kW

$PBM_{m,TV}$: Potencia bruta medida en bornes del generador de la TV, en kW

$$\Delta FP_{GEN(TG \text{ y } TV)} = LPF_{GEN,prueba} - LPF_{GEN,ref}$$

Donde:

$\Delta FP_{GEN(TG \text{ y } TV)}$: Correcciones por pérdidas de los generadores (TG y TV) por diferencia

del factor de potencia

$LPF_{GEN,prueba}$: Pérdida del generador a potencia bruta máxima y el factor de potencia medida durante las pruebas, según curvas del generador, en kW.

$LPF_{GEN,ref}$: Pérdida del generador a la potencia bruta máxima y el factor de potencia a las condiciones de referencia, según curvas del generador, en kW.

α_1 : Factor de corrección por temperatura ambiente

α_2 : Factor de corrección por humedad ambiente

α_3 : Factor de corrección por humedad ambiente

α_4 : Factor de corrección por temperatura de agua de mar (temperatura de fuente fría)

$PBM_{c,CC}$: Potencia bruta corregida para ciclo combinado, para condiciones de referencia, en kW.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	16

Los factores de corrección α_1 , α_2 , α_3 y α_4 se deducen de las curvas de corrección y cada uno de ellos son el resultado de dividir el factor de corrección de las condiciones de diseño al de referencia entre el factor de corrección de las condiciones de prueba al de diseño; así por ejemplo el factor de corrección por temperatura de agua de mar se obtendrá de la siguiente manera:

$$\alpha_4 = FCf_{(d,r)} / FCf_{(y,d)}$$

Donde:

$FCf_{(d,r)}$: Factor de corrección de la fuente fría de las condiciones de diseño al de referencia.

$FCf_{(y,d)}$: Factor de corrección de la fuente fría de las condiciones de prueba al de diseño.

7.3.3. Cálculo de la Potencia Neta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PNM_{m,CC}$)

Para los datos validados se determinará la potencia máxima neta medida considerando igual al promedio horario de la potencia neta medida en el lado de alto voltaje del transformador de la turbina de gas y turbina de vapor, donde cada promedio horario, es a su vez el promedio de mediciones de potencia tomadas cada 5 minutos.

$$PNM_{m,CC} = \frac{\sum_{i=1}^n PNM_{m,CC_i}}{n}$$

7.3.4. Cálculo de la Potencia Neta Máxima Corregida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PNM_{c,CC}$)

$$PNM_{c,CC} = PBM_{c,CC} - (L_{AUX} + L_{EXC} + L_{TRAFO})_{CC}$$

Donde:

- $PNM_{c,CC}$:Potencia Neta Máxima Corregida del Ciclo Combinado, kW
- $PBM_{c,CC}$:Potencia Bruta Máxima Corregida del Ciclo Combinado, kW
- L_{AUX} : Pérdidas en auxiliares del Ciclo Combinado, en kW
- L_{EXC} : Pérdidas en la excitatriz del generador de la TG y TV
- L_{TRAFO} : Pérdidas en el transformador de la TG y TV.

Siendo:

$$(L_{AUX} + L_{EXC} + L_{TRAFO})_{CC} = PBM_{m,CC} - PNM_{m,CC}$$

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
Informe	PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	17

7.4. 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 Potencia Máxima Corregida.

7.4.1. Incertidumbre Parcial de la Prueba

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

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

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 Corregida), 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 se calcula con la siguiente expresión:

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

Donde:

B_R = Incertidumbre sistemática Absoluta.

θ_i = Coeficiente de sensibilidad absoluto.

$B_{\bar{P}i}$ = Incertidumbre sistemática Instrumental de cada variable individual.

i = La sumatorio al ejecutar todas las variables que intervienen en el cálculo del resultado. (Potencia Bruta, Factor de potencia, Temperatura Ambiente, Presión Barométrica, Humedad Relativa y Temperatura de fuente fría)

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	18

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

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

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. (Potencia Máxima corregida)

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

$$\bar{X}_i = \frac{1}{N_j} \cdot \sum_{k=1}^{N_j} X_{ik}$$

Donde:

- N_j = Número total de lecturas de la variable i
 X_{ik} = Valor de la lectura k de la variable i
 k = La sumatorio 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:

- 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.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
Informe	PROPIETARIO	CONSULTORA	Página Nº
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados
			19

La desviación estándar de la media se obtendrá de:

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

7.4.2. Incertidumbre Total de la Prueba

La incertidumbre total de la Prueba o Incertidumbre de la Potencia Máxima es calculada como:

$$U_P = \sqrt{B_{Ave}^2 + (t \cdot R_{StDev})^2}$$

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

$$U_P \% = \frac{U_P}{R_{Ave}}$$

Donde la Incertidumbre Sistemática Absoluta de la Potencia Máxima Corregida (B_{Ave}) es el promedio de B_R de cada prueba parcial realizada, se obtiene de:

$$B_{Ave} = \frac{1}{N_p} \sum_{k=1}^{N_p} B_R$$

La Incertidumbre Aleatoria de la Potencia Máxima Corregida ($t \cdot R_{StDev}$) se estima del producto de Student's t (con 95% de confiabilidad y N_p-1 grados de libertad) y la desviación estándar de la media de los valores de Potencia Máxima Corregida del total de pruebas parciales.

La desviación estándar de la media de potencia Máxima Corregida, se obtendrá de:

$$R_{StDev} = \frac{1}{\sqrt{N_p}} \sqrt{\sum_{k=1}^{N_p} \frac{(R_k - R_{Ave})^2}{N_p - 1}}$$

Donde:

R_{Ave} = Potencia Bruta Corregida parcial

$$R_{Ave} = \frac{1}{N_p} \sum_{k=1}^{N_p} R_k$$

R_k = Valor Medio de la Potencia Bruta Corregida de cada prueba parcial realizada.

N_p = Número de pruebas parciales.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
Informe	PROPIETARIO	CONSULTORA	Página Nº
Versión Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	20

8. CÁLCULO DE POTENCIA MÁXIMA

Los cuadros de cálculo de la prueba de Potencia Máxima de la Central Mejillones – Unidad Generadora CTM3 – en la configuración Ciclo Simple y Ciclo Combinado operando con Petróleo Diesel, se muestran en el Apéndice B.

9. RESULTADOS

9.1. Resultados Parciales de la Prueba de Potencia Máxima

CUADRO 9-1: Resultados Parciales de la Prueba de Potencia Máxima – CTM3 – Ciclo Simple o Abierto – Petróleo Diésel

		1 ^{ra} Prueba	2 ^{da} Prueba	3 ^{ra} Prueba	4 ^{ta} Prueba	5 ^{ta} Prueba
	Fecha	23-06-2022	23-06-2022	23-06-2022	23-06-2022	23-06-2022
	Hora Inicio	07:10 PM	08:10 PM	09:10 PM	10:10 PM	11:10 PM
	Hora Fin	08:10 PM	09:10 PM	10:10 PM	11:10 PM	12:10 AM
Potencia Máxima Corregida	[kW]	157363,083	156345,926	155967,224	155823,822	155267,472
Potencia Bruta Medida	[kW]	160054,000	160052,500	160106,833	160162,167	160359,333
Potencia Bruta Corregida	[kW]	157363,083	156345,926	155967,224	155823,822	155267,472
Potencia Neta Medida	[kW]	149000,000	149000,000	149000,000	149000,000	149133,333
Potencia Neta Corregida	[kW]	146309,083	145293,426	144860,391	144661,656	144041,472
Consumo Auxiliares	[kW]	11054,000	11052,500	11106,833	11162,167	11226,000
Incertidumbre Absoluta	[kW]	628,740	524,558	520,143	532,869	548,274
Incertidumbre Relativa	[%]	0,400	0,336	0,333	0,342	0,353

CUADRO 9-2: Resultados Parciales de la Prueba de Potencia Máxima – CTM3 – Ciclo Combinado – Petróleo Diésel

		1 ^{ra} Prueba	2 ^{da} Prueba	3 ^{ra} Prueba	4 ^{ta} Prueba	5 ^{ta} Prueba
	Fecha	23-06-2022	23-06-2022	23-06-2022	23-06-2022	23-06-2022
	Hora Inicio	07:10 PM	08:10 PM	09:10 PM	10:10 PM	11:10 PM
	Hora Fin	08:10 PM	09:10 PM	10:10 PM	11:10 PM	12:10 AM
Potencia Máxima Corregida	[kW]	243663,066	242311,298	241783,463	241576,678	240834,023
Potencia Bruta Medida	[kW]	246394,000	246269,167	246256,833	246292,167	246331,000
Potencia Bruta Corregida	[kW]	243663,066	242311,298	241783,463	241576,678	240834,023
Potencia Neta Medida	[kW]	233245,000	233153,333	233118,333	233105,000	233076,667
Potencia Neta Corregida	[kW]	230514,066	229195,464	228644,963	228389,511	227579,689
Consumo Auxiliares	[kW]	13149,000	13115,833	13138,500	13187,167	13254,333
Incertidumbre Absoluta	[kW]	642,618	580,514	575,334	589,700	606,605
Incertidumbre Relativa	[%]	0,264	0,240	0,238	0,244	0,252

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	21

9.2. Resultados de Incertidumbre

CUADRO 9-3: Resultados de la Incertidumbre – CTM3 – Ciclo Simple o Abierto – Petróleo Diésel

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
Potencia Bruta Corregida - Primera Prueba	156000	157363,083	kW	524,341	346,959	628,740
Potencia Bruta Corregida - Segunda Prueba	156000	156345,926	kW	518,409	80,087	524,558
Potencia Bruta Corregida - Tercera Prueba	156000	155967,224	kW	516,153	64,304	520,143
Potencia Bruta Corregida - Cuarta Prueba	156000	155823,822	kW	515,267	135,832	532,869
Potencia Bruta Corregida - Quinta Prueba	156000	155267,472	kW	511,224	198,127	548,274
Promedio de Potencia Bruta Corregida		156153,506	kW			
Desviación Estándar de Potencia Bruta Corregida		348,464	kW			
Student's t de Potencia Bruta Corregida		2.7765	kW			
Incertidumbre Sistemática de la Potencia Bruta Corregida			kW	517,079		
Incertidumbre Aleatoria de la Potencia Bruta Corregida			kW		967,512	
Incertidumbre Absoluta total de la Potencia Bruta Corregida			kW			1097,018
Incertidumbre Relativa total de la Potencia Bruta Corregida			%			0,703

CUADRO 9-4: Resultados de la Incertidumbre – CTM3 – Ciclo Combinado - Petróleo Diésel

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
Potencia Bruta Corregida - Primera Prueba	250000	243663,066	kW	576,300	284,316	642,618
Potencia Bruta Corregida - Segunda Prueba	250000	242311,298	kW	571,705	100,745	580,514
Potencia Bruta Corregida - Tercera Prueba	250000	241783,463	kW	569,850	79,247	575,334
Potencia Bruta Corregida - Cuarta Prueba	250000	241576,678	kW	569,107	154,479	589,700
Potencia Bruta Corregida - Quinta Prueba	250000	240834,023	kW	565,865	218,555	606,605
Promedio de Potencia Bruta Corregida		242033,705	kW			
Desviación Estándar de Potencia Bruta Corregida		471,307	KW			
Student's t de Potencia Bruta Corregida		2,7765	kW			
Incertidumbre Sistemática de la Potencia Bruta Corregida			kW	570,566		
Incertidumbre Aleatoria de la Potencia Bruta Corregida			kW		1308,584	
Incertidumbre Absoluta total de la Potencia Bruta Corregida			kW			1427,563
Incertidumbre Relativa total de la Potencia Bruta Corregida			%			0,590

9.3. Resultados de la Prueba de Potencia Máxima

CUADRO 9-5: Resultados de la Prueba de Potencia Máxima de la Unidad CTM3 de la Central Termoeléctrica Mejillones

Ítem	Potencia Bruta Medida	Potencia Bruta Corregida	Potencia Neta Medida	Potencia Neta Corregida	Potencia Máxima Corregida	Consumo Auxiliares
	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
CTM3 Ciclo Simple o Abierto con Petróleo Diésel	160146,97	156153,51	149026,67	145033,21	156153,506 ± 1097,018	11120,30
CTM3 Ciclo Combinado con Petróleo Diésel	246308,63	242033,71	233139,67	228864,74	242033,705 ± 1427,563	13168,97

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	24

APÉNDICES

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
Informe		PROPIETARIO	CONSULTORA	Página N°
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados	25