



CONSULTORA:	GENERADOR:
	

PROYECTO	CLIENTE
<p align="center">DETERMINACIÓN DE CONSUMOS ESPECÍFICOS DE UNIDADES GENERADORAS</p>	

TITULO:	INFORME FINAL DE LAS PRUEBAS DE CONSUMOS ESPECÍFICOS NETO DE LA CENTRAL TERMICA MEJILLONES UNIDAD GENERADORA CTM3 EN LA CONFIGURACIÓN CICLO SIMPLE (ABIERTO) Y CICLO COMBINADO CON PETRÓLEO DIÉSEL.
N° DE DOCUMENTO PROYECTO	CTM3-2-INF-HMK-001

REV.	2	EDITADO PARA	Coordinador Eléctrico Nacional
FECHA	03/11/2022		

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	09/08/2022	Revisión 1	Alfredo Valladares	Amadeo Carrillo V.
2	03/11/2022	Revisión 2	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.....	13
1.1. Descripción de la Empresa	13
1.2. Descripción de la Central Termoeléctrica Mejillones.....	13
2. OBJETIVO DE LOS PRUEBAS	14
2.1. Pruebas de Consumos Específicos Neto	14
3. PROGRAMA DE LAS PRUEBAS.....	15
4. PARTICIPANTES EN LAS PRUEBAS Y ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL	17
5. CONDICIONES DE DISEÑO Y REFERENCIA	17
6. PUNTOS DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA	18
6.1. Puntos de Medición requeridas para la unidad CTM3 en Ciclo Simple (Abierto).	18
6.2. Puntos de Medición requeridas para la unidad CTM3 en Ciclo Combinado.....	19
6.3. Variables Medidas e Instrumentos de Medición	20
7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	20
7.1. Validación de datos.....	20
7.2. Cálculos del Consumo Específico Neto en Modo Ciclo Simple (abierto).....	21
7.2.1. Cálculo de la Potencia Bruta Máxima Medida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple (PBM _{m,TG})	21
7.2.2. Cálculo del Consumo Específico Neto corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple (PBM _{c,TG})	21
7.2.3. Cálculo de la Potencia Bruta corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple (PBM _{c,TG})	22
7.2.4. Cálculo de la Potencia Neta Medida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple (PNM _{m,TG})	23
7.2.5. Cálculo de la Potencia Neta Máxima corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple (PNM _{c,TG})	23
7.3. Cálculos del Consumo Específico Neto en Modo Ciclo Combinado	24
7.3.1. Resultado de los Consumos Específicos Medido de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Combinado (HRNM,CC).....	24
7.3.2. Cálculo de los Consumos Específicos Neto corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Combinado (HRNC,CC)	24
7.3.3. Cálculo de la Potencia Bruta Medida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado (PBM _{m,TG+} PBM _{m,TV})	25

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

7.3.4. Cálculo de la Potencia Bruta Corregida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PBM_{c,cc}$)	25
7.3.5. Cálculo de la Potencia Neta Medida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PNM_{m,cc}$)	26
7.3.6. Cálculo de la Potencia Neta Corregida de la Unidad CTM3 en Modo Combinado ($PNM_{c,cc}$)	26
7.4. Cálculos de la Incertidumbre.....	26
7.4.1. Incertidumbre Parcial de la Prueba	27
a) Cálculo de la Incertidumbre Sistemática Absoluta	27
b) Cálculo de la Incertidumbre Aleatoria Absoluta	28
7.4.2. Incertidumbre Total de la Prueba.....	29
8. CÁLCULO DE COSUMO ESPECIFICO NETO	30
9. RESULTADOS	30
9.1. Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto (Sobre Poder Calorífico Superior) en la configuración Ciclo Abierto y Ciclo Combinado	30
9.2. Resultados de Incertidumbre	36

APÉNDICES

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

CONTENIDO DE CUADROS

CUADRO 1-1: Condiciones de Diseño y de Referencia.....	6
CUADRO 1-2: Resultados del Análisis de Combustible -Diésel	6
CUADRO 1-3: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Abierto de la Central Térmica MEJILLONES con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior).....	7
CUADRO 1-4: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Combinado de la Central Térmica MEJILLONES con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior).....	10
CUADRO 1-1: Características de la Unidad CTM3 de la Central Térmica Mejillones	14
CUADRO 2-1: Variables Medidas.....	14
CUADRO 3-1: Programa de Pruebas de la Central Termoeléctrica Mejillones en Ciclo Abierto	15
CUADRO 3-2: Programa de Pruebas de la Central Termoeléctrica Mejillones en ciclo Combinado	16
CUADRO 5-1: Condiciones de Diseño y de Referencia.....	17
CUADRO 6-1: Variables e Instrumentos de Medición Utilizados en las Pruebas.....	20
CUADRO 7-1: Condiciones de estabilidad de la Prueba de Potencia Máxima.....	21

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

CUADRO 9-1: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Abierto de la Central Térmica MEJILLONES con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)..... 30

CUADRO 9-2: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Combinado de la Central Térmica MEJILLONES con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior) 33

CUADRO 9-3: 36

CUADRO 9-4: 37

CONTENIDO DE FIGURAS

GRAFICO 4-1: Participantes y Organización del Personal durante las Pruebas 17

GRAFICO 6-1: Puntos de Medición de la prueba del Ciclo Simple 18

GRAFICO 6-2: Puntos de Medición de la prueba del Ciclo Combinado..... 19

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 8

Ilustración 2 8

Ilustración 3 9

Ilustración 4 9

Ilustración 5 11

Ilustración 6 11

Ilustración 7 12

Ilustración 8 12

Ilustración 9 31

Ilustración 10..... 31

Ilustración 11..... 32

Ilustración 12..... 32

Ilustración 13..... 34

Ilustración 14..... 34

Ilustración 15..... 35

Ilustración 16..... 35

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.
- Factor de Potencia Bruta
- Potencia Neta.
- Factor de Potencia Neta
- Flujo de combustible Diésel
- Presión ambiente.
- Temperatura ambiente.
- Humedad relativa ambiente.
- Temperatura de fuente fría (agua de mar)

Condiciones de diseño y referencia:

CUADRO 1-1: Condiciones de Diseño y de Referencia

Ítem	FDP	Temp. Ambiente (°C)	Presión Ambiente (bar)	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

Se tomaron muestras de combustible (01 muestra por cada día de prueba) que fueron enviadas para el análisis de laboratorio, y se dejaron sus respectivas contramuestras en sitio hasta la aprobación de los resultados del estudio.

Los resultados de dichos análisis se muestran en la siguiente tabla.

CUADRO 1-2: Resultados del Análisis de Combustible -Diésel

Reporte	Fecha / Hora	Poder Calorífico Superior		Poder Calorífico Inferior		Densidad
		kcal/kg	MJ/kg	kcal/kg	MJ/kg	kg/m ³
Prueba CEN	22/06/2022	10254,0000	42,9314	10932,0000	45,7701	835,8000
Prueba CEN	22/06/2022	10254,0000	42,9314	10932,0000	45,7701	835,6000
Prueba CEN	23/06/2022	10249,0000	42,9105	10927,0000	45,7492	837,4000
Promedio		10252,3333	42,9245	10930,3333	45,7631	836,2667

RESULTADOS

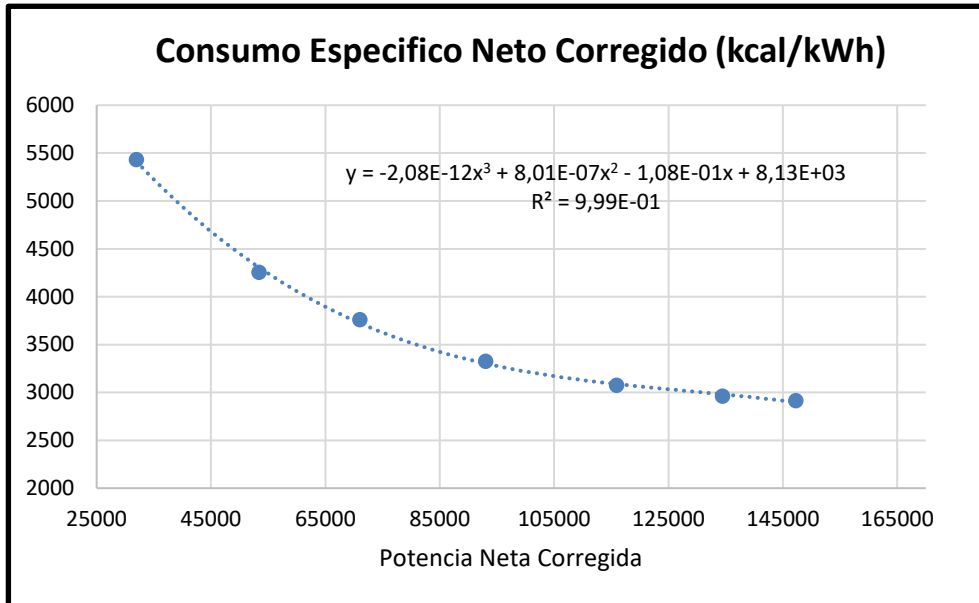
1.1. Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto (Sobre Poder Calorífico Superior) en la configuración Ciclo Abierto y Ciclo Combinado con combustible Diésel

CUADRO 1-3: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Abierto de la Central Térmica MEJILLONES con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)

Escalón	Potencia Nominal (kW)	Potencia Bruta Medida (kW)	Potencia Neta Medida (kW)	Consumo de Combustible Medido (m³/h)	Consumo Específico Neto Medido		Consumo Específico de Combustible Neto Medido (Kg/kWh)	Eficiencia Neto Medido (%)	Potencia Bruta Corregida (kW)	Potencia Neta Corregida (kW)	Consumo Específico Neto Corregido			Incertidumbre		Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh)	Eficiencia Neto Corregido (%)
					(kcal/kWh)	(kJ/kWh)					(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(Nm³/kWh)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)		
1er Escalón	40000	40279,565	33123,913	19,755	5451,580	22824,674	0,499	15,772	39108,348	31952,696	5429,852	22733,703	0,000594	± 7,233	± 30,285	0,497	15,836
2do Escalón	62000	62851,667	54980,000	25,513	4241,716	17759,215	0,388	20,271	61238,456	53366,789	4254,632	17813,295	0,000465	± 11,183	± 46,821	0,389	20,210
3er Escalón	81000	81633,833	73433,333	30,102	3746,911	15687,566	0,343	22,948	79193,828	70993,328	3758,216	15734,898	0,000411	± 13,923	± 58,293	0,344	22,879
4to Escalón	105000	104946,897	95472,414	34,824	3334,117	13959,280	0,305	25,789	102475,264	93000,781	3324,654	13919,661	0,000364	± 19,560	± 81,892	0,304	25,863
5to Escalón	127000	127866,667	118000,000	39,740	3078,386	12888,587	0,282	27,932	125762,968	115896,302	3073,503	12868,144	0,000336	± 22,259	± 93,194	0,281	27,976
6to Escalón	146000	146644,667	136000,000	44,017	2958,413	12386,286	0,271	29,064	145047,296	134402,630	2959,026	12388,852	0,000324	± 24,653	± 103,218	0,271	29,058
7mo Escalón	160000	160054,000	149000,000	47,346	2904,503	12160,574	0,266	29,604	158290,263	147236,263	2913,449	12198,029	0,000319	± 33,881	± 141,851	0,267	29,513

Ilustración 1

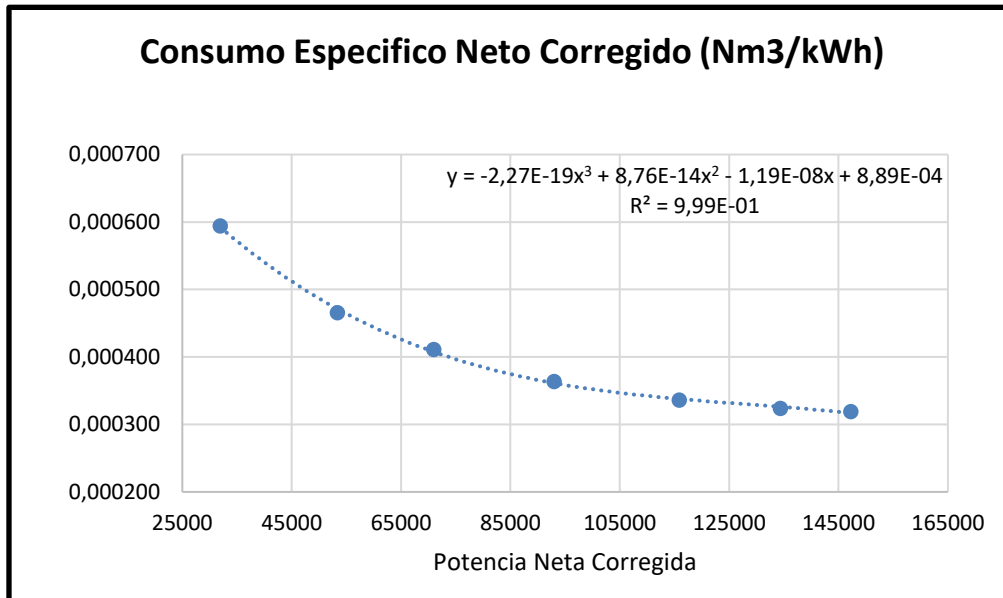
Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh)	
a ₀	-2,077642E-12
a ₁	8,005459E-07
a ₂	-1,083379E-01
a ₃	8,125001E+03

Ilustración 2

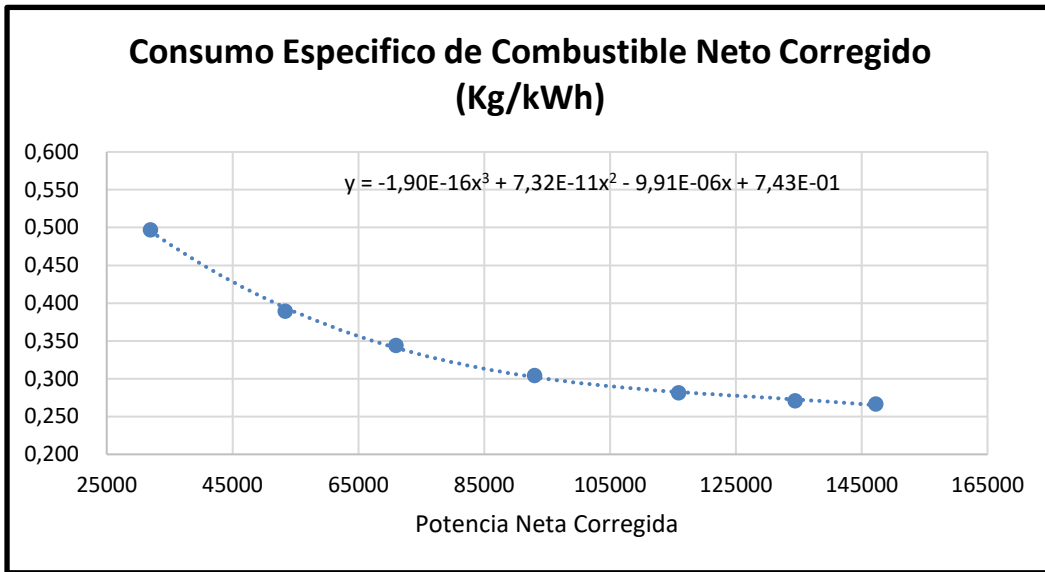
Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (Nm³/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (Nm³/kWh)	
a ₀	-2,272964E-19
a ₁	8,758063E-14
a ₂	-1,185229E-08
a ₃	8,888843E-04

Ilustración 3

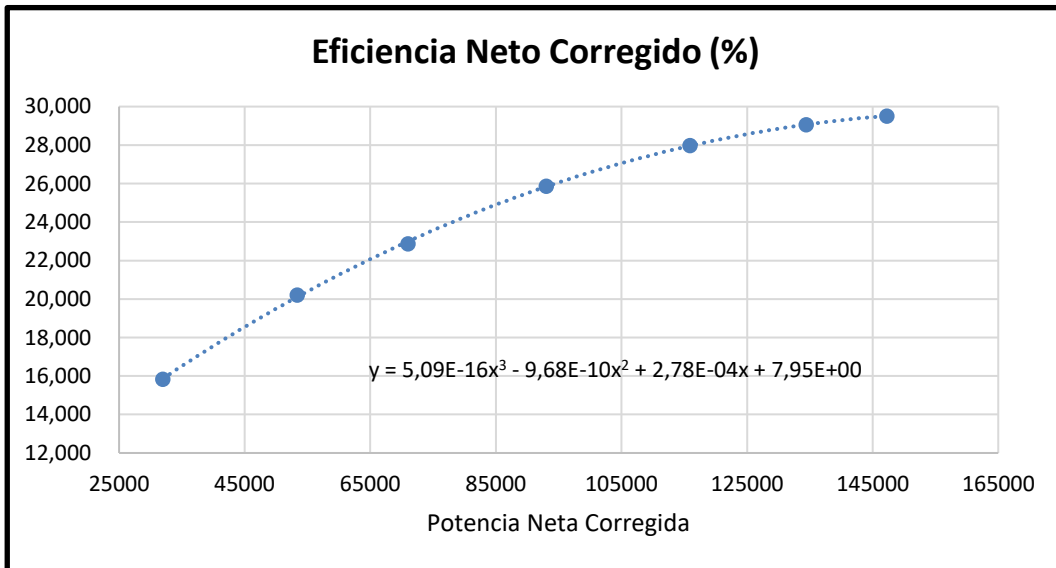
Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh)	
a ₀	-1,900804E-16
a ₁	7,324076E-11
a ₂	-9,911674E-06
a ₃	7,433443E-01

Ilustración 4

Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



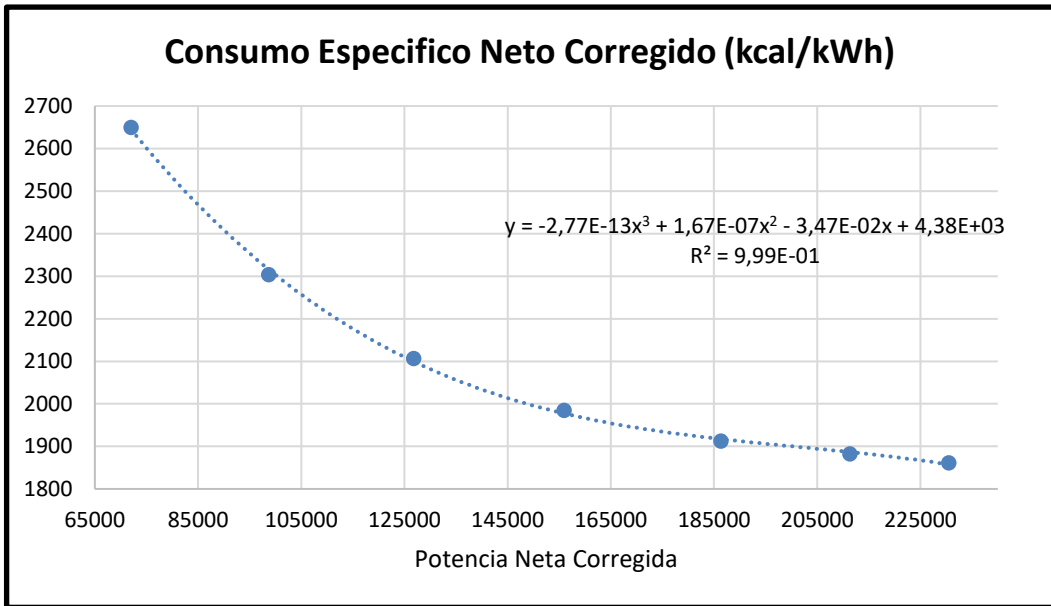
Eficiencia Neto Corregido (%)	
a ₀	5,093998E-16
a ₁	-9,681808E-10
a ₂	2,779851E-04
a ₃	7,951475E+00

CUADRO 1-4: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Combinado de la Central Térmica MEJILLONES con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)

Escalón	Potencia Nominal	Potencia Bruta Medida	Potencia Neta Medida	Consumo de Combustible Medido	Consumo Especifico Neto Medido		Consumo Especifico de Combustible Neto Medido	Eficiencia Neto Medido	Potencia Bruta Corregida	Potencia Neta Corregida	Consumo Especifico Neto Corregido			Incertidumbre		Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido	Eficiencia Neto Corregido
	(kW)	(kW)	(kW)		(kcal/kWh)	(kJ/kWh)					(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(Nm ³ /kWh)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)		
1er Escalón	80000	80450,517	72362,069	20,975	2649,510	11092,969	0,242	32,453	80104,436	72015,988	2649,902	11094,611	0,000290	± 8,887	± 37,209	0,242	32,448
2do Escalón	110000	110951,333	101556,667	25,513	2296,349	9614,353	0,210	37,444	108094,607	98699,941	2303,342	9643,630	0,000252	± 11,191	± 46,853	0,211	37,330
3er Escalón	140000	140493,833	131025,000	30,102	2099,967	8792,141	0,192	40,946	136281,870	126813,036	2106,303	8818,668	0,000230	± 13,927	± 58,308	0,193	40,822
4to Escalón	225000	170784,828	159958,621	34,824	1989,991	8331,693	0,182	43,209	166748,884	155922,677	1984,343	8308,047	0,000217	± 19,562	± 81,901	0,182	43,331
5to Escalón	200000	200873,333	189638,333	39,740	1915,486	8019,757	0,175	44,889	197554,188	186319,188	1912,448	8007,036	0,000209	± 22,261	± 93,200	0,175	44,960
6to Escalón	170000	225986,333	213811,667	44,017	1881,769	7878,592	0,172	45,693	223510,267	211335,600	1882,159	7880,224	0,000206	± 24,643	± 103,177	0,172	45,684
7mo Escalón	250000	246394,000	233245,000	47,346	1855,435	7768,336	0,170	46,342	243663,066	230514,066	1861,150	7792,263	0,000204	± 33,881	± 141,855	0,170	46,200

Ilustración 5

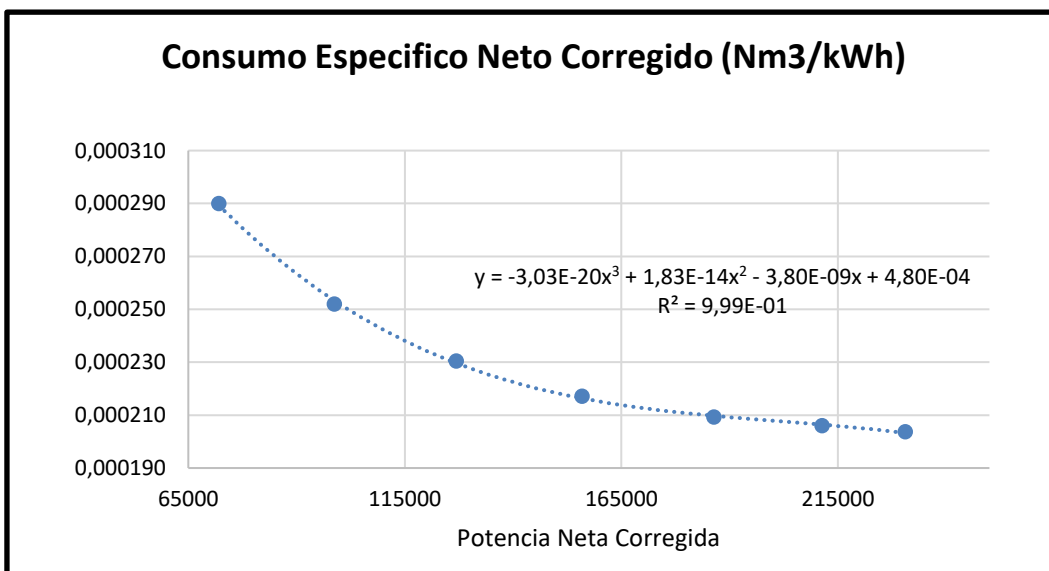
Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh)	
a ₀	-2,766690E-13
a ₁	1,668807E-07
a ₂	-3,472695E-02
a ₃	4,383861E+03

Ilustración 6

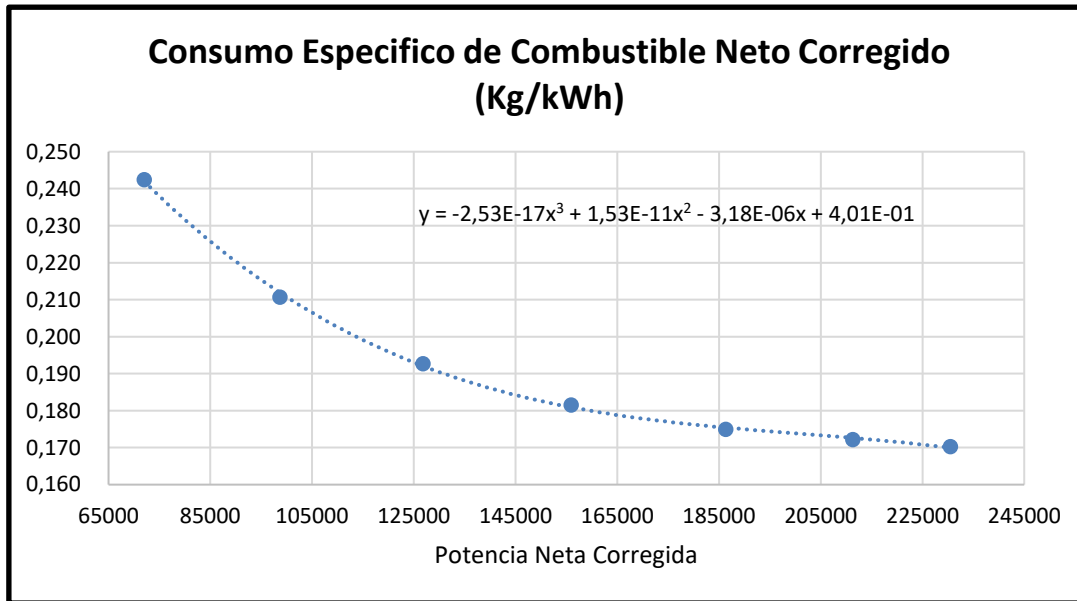
Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (Nm³/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (Nm³/kWh)	
a ₀	-3,026791E-20
a ₁	1,825694E-14
a ₂	-3,799168E-09
a ₃	4,795994E-04

Ilustración 7

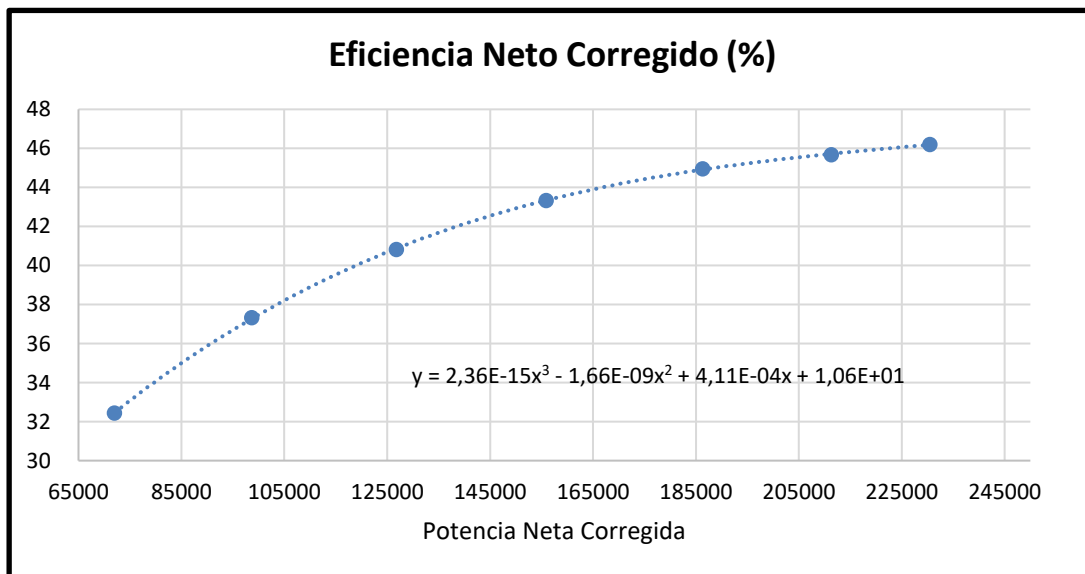
Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh)	
a ₀	-2,531204E-17
a ₁	1,526767E-11
a ₂	-3,177117E-06
a ₃	4,010730E-01

Ilustración 8

Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Eficiencia Neto Corregido (%)	
a ₀	2,358746E-15
a ₁	-1,657643E-09
a ₂	4,113605E-04
a ₃	1,055606E+01

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, la carbonera IEM 1 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	13

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 Consumos Específicos Neto

Estos ensayos tienen por objeto contar con toda la información necesaria para calcular los Consumos Específicos Netos 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 (potencia activa bruta)	✓	✓
b)	Factor de Potencia Bruta	✓	✓
c)	Potencia Neta (Potencia Activa Neta)	✓	✓
d)	Factor de Potencia Neta	✓	✓
Consumo de Combustible			
a)	Consumo de Diésel	✓	✓

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

- a. Tensión.
- b. Velocidad de Rotación
- c. Consumos propios o auxiliares.
- d. Temperatura de gases de escape.
- e. Temperatura del combustible.
- f. Presión de vacío
- g. Presión de vapor principal
- h. Presión de ingreso del fluido de trabajo
- i. Flujo de agua de alimentación

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 en Ciclo Abierto

HITOS DE DESARROLLO DE LA PRUEBA – UNIDAD GENERADORA CTM3 EN CICLO ABIERTO CON DIÉSEL					
Hito		Fecha de prueba	CA	Inicio	Final
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a Potencia Máxima	P Min. Téc. Amb.	23-06-2022	40 MW	00:15	01:15
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 6 ^{ta} Carga Intermedia	P 2da Parcial	21-06-2022	62 MW	23:30	00:30
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 5 ^{ta} Carga Intermedia	P 3ra Parcial	21-06-2022	81 MW	1:45	2:45
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 4 ^{ta} Carga Intermedia	P 4ta Parcial	22-06-2022	105 MW	22:20	23:25
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 3 ^{ra} Carga Intermedia	P 5ta Parcial	22-06-2022	127 MW	20:50	21:50
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 2 ^{da} Carga Intermedia	P 6ta Parcial	22-06-2022	146 MW	19:10	20:10
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a Mínimo Técnico Ambiental	P Pot. Máx	23-06-2022	160 MW	19:10	20:10

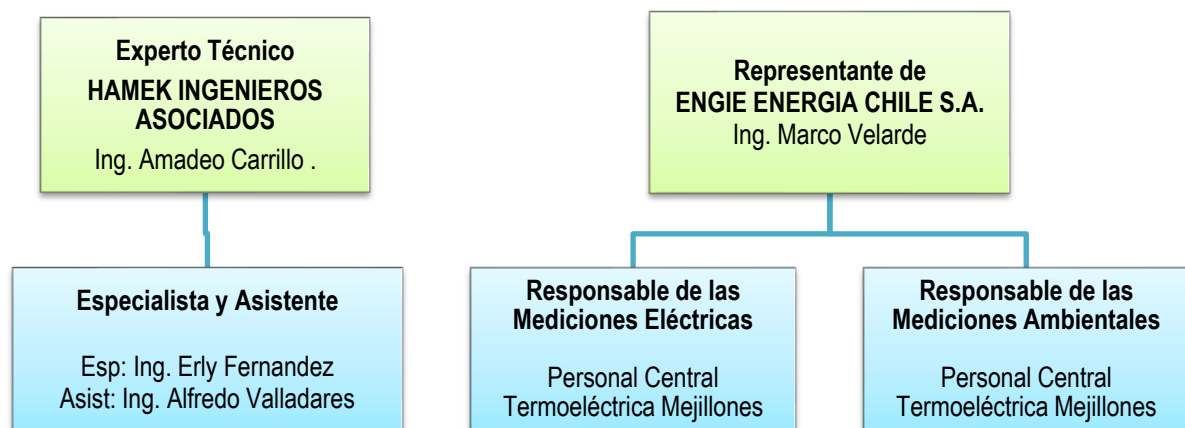
CUADRO 3-2: Programa de Pruebas de la Central Termoeléctrica Mejillones en ciclo Combinado

HITOS DE DESARROLLO DE LA PRUEBA – UNIDAD GENERADORA CTM3 EN CICLO COMBINADO CON DIÉSEL					
Hito		Fecha de prueba	CC	Inicio	Final
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a Potencia Máxima	P Min. Téc. Amb.	21-06-2022	80 MW	17:30	18.30
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 6 ^{ta} Carga Intermedia	P 2da Parcial	21-06-2022	110 MW	23:30	00:30
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 5 ^{ta} Carga Intermedia	P 3ra Parcial	21-06-2022	140 MW	1:45	2:45
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 4 ^{ta} Carga Intermedia	P 4ta Parcial	22-06-2022	170 MW	22:20	23:25
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 3 ^{ra} Carga Intermedia	P 5ta Parcial	22-06-2022	200 MW	20.50	21.50
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a 2 ^{da} Carga Intermedia	P 6ta Parcial	22-06-2022	225 MW	19.10	20:10
Toma de carga y estabilización					
Prueba CEN a Mínimo Técnico Ambiental	P Pot. Máx	23-06-2022	246 MW	19:10	20:10

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.

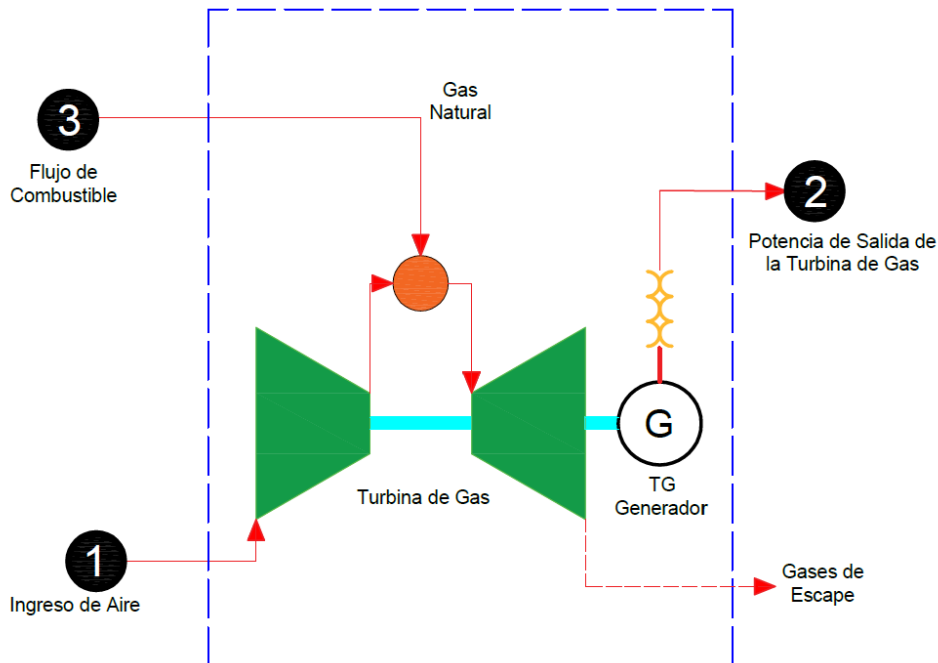
CUADRO 5-1: Condiciones de Diseño y de Referencia

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



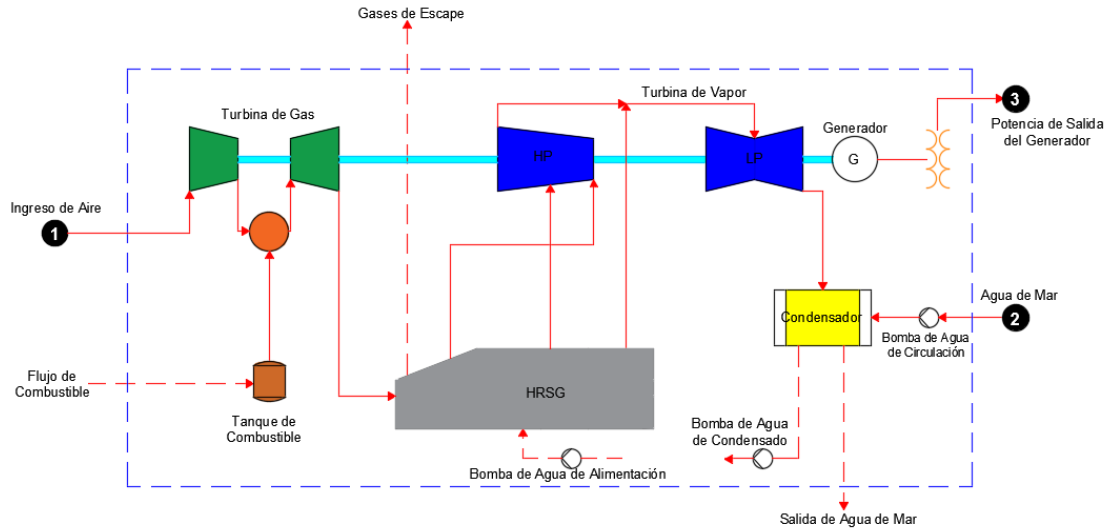
Para la obtención de los resultados corregidos, acorde con la frontera de prueba graficado anteriormente se requiere las siguientes mediciones:

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.
3. Flujo de Diésel que ingresa a la turbina de gas.

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

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
4. Flujo de Diésel que ingresa a la turbina de gas.

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
			19

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 %
Flujo de combustible	± 1.3 %

7.2. Cálculos del Consumo Específico Neto 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 el Consumo Específico Neto Medido o Heat Rate Neto Medido durante el escalón ensayado ($HRN_{M,TG}$); considerando el consumo, el poder calorífico superior utilizado como combustible (HHV) y la potencia neta medida en cada carga (escalón) ensayada ajustada. Para ellos se aplicará la siguiente fórmula.

$$HRN_{M,TG} = \frac{\dot{m}_c * HHV}{PN_{M,TG}}$$

Donde:

- $HRN_{M,TG}$: Heat Rate Neto Medido, kJ/kWh.
- \dot{m}_c : Consumo de Combustible de la TG, m³/h o kg/h.
- HHV : Poder Calorífico Superior del Combustible, kJ.
- $PN_{M,TG}$: Potencia Neta de la TG Medida, kW.

7.2.2. Cálculo del Consumo Específico Neto corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple (PBM_{c,TG})

$$HRN_{C,TG} = HRN_{M,TG} \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4$$

Donde:

- $HRN_{C,TG}$: Heat Rate Neto Corregido, kJ/kWh.
- $HRN_{M,TG}$: Heat Rate Neto Medido, kJ/kWh.
- α_1 : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente.
- α_2 : Factor de Corrección por Humedad Relativa.
- α_3 : Factor de Corrección por Presión de Ambiente
- α_4 : Factor de Corrección por Temperatura de agua de mar

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

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 se obtendrá de la siguiente manera:

$$\alpha_1 = \text{Fct}_{(d,r)} / \text{Fct}_{(y,d)}$$

Donde:

$\text{Fct}_{(d,r)}$: Factor de corrección de la temperatura ambiente de las condiciones de diseño al de referencia.

$\text{Fct}_{(y,d)}$: Factor de corrección de la temperatura ambiente de las condiciones de prueba al de diseño.

7.2.3. Cálculo de la Potencia Bruta corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Simple (PBMc,TG)

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

Donde:

PBM_{mTG} : 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.

α_1 : Factor de corrección por temperatura ambiente

α_2 : Factor de corrección por humedad ambiente

α_3 : Factor de corrección por presión ambiente

α_4 : Factor de Corrección por Temperatura de agua de mar

$PBM_{c,TG}$: Potencia bruta corregida de la TG en ciclo simple, 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	22

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 se obtendrá de la siguiente manera:

$$\alpha_1 = \text{FCt}_{(d,r)} / \text{FCt}_{(y,d)}$$

Donde:

$\text{FCt}_{(d,r)}$: Factor de corrección de la temperatura de las condiciones de diseño al de referencia.

$\text{FCt}_{(y,d)}$: Factor de corrección de la temperatura de las condiciones de prueba al de diseño.

7.2.4. Cálculo de la Potencia Neta 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.

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

7.2.5. 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
Versión	Final	Coordinador Eléctrica Nacional	Hamek Ingenieros Asociados
			Página N°
			23

7.3. Cálculos del Consumo Específico Neto en Modo Ciclo Combinado

7.3.1. Resultado de los Consumos Específicos Medido de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Combinado (HRNM,CC)

Para los datos validados, se determinará el Consumo Especifico Neto Medido o Heat Rate Neto Medido durante el escalón ensayado ($HRN_{M,CC}$); considerando el consumo, el poder calorífico superior utilizado como combustible (HHV) y la potencia neta medida en cada carga (escalón) ensayada ajustada. Para ellos se aplicará la siguiente formula:

$$HRN_{M,CC} = \frac{\dot{m}_c * HHV}{PN_{M,CC}}$$

Donde:

- $HRN_{M,CC}$: Heat Rate Neto Medido, kJ/kWh.
- \dot{m}_c : Consumo de Combustible de la TG, m³/h o kg/h.
- HHV : Poder Calorífico Superior del Combustible, kJ.
- $PN_{M,CC}$: Potencia Neta del Ciclo combinado Medida, kW.

7.3.2. Cálculo de los Consumos Específicos Neto corregida de la Unidad CTM3 en Modo Ciclo Combinado (HRNC,CC)

Para calcular el valor de Consumo Especifico Neto Corregido o Heat Rate Neto Corregido, estas deberán ser ajustadas por medio de la aplicación de factores de corrección multiplicativos. Para ello se aplicará la siguiente formula:

$$HRN_{C,CC} = HRN_{M,CC} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4$$

Donde:

- $HRN_{C,CC}$: Heat Rate Neto Corregido, kJ/kWh.
- $HRN_{M,CC}$: Heat Rate Neto Medido, kJ/kWh.
- α_1 : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente.
- α_2 : Factor de Corrección por Humedad Relativa.
- α_3 : Factor de Corrección por Presión de Ambiente.
- α_4 : Factor de Corrección por Temperatura de agua de mar (temperatura de fuente fría)

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 se obtendrá de la siguiente manera:

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

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°
			24

Donde:

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

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

7.3.3. Cálculo de la Potencia Bruta 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.

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

7.3.4. Cálculo de la Potencia Bruta 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_{mTG} : Potencia bruta medida en bornes del generador de la TG, en kW

PBM_{mTV} : 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)

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°
			25

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

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:

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

Donde:

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

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

7.3.5. Cálculo de la Potencia Neta 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.

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

7.3.6. Cálculo de la Potencia Neta 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:

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

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 encuentra los resultados reales.

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	26

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)

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

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	27

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

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.

La desviación estándar de la media se obtendrá de:

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

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
			28

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	29

8. CÁLCULO DE COSUMO ESPECIFICO NETO

Los cuadros de cálculo de la prueba de Consumo Especifico Neto de la Unidad Generadora CTM3 operando en Ciclo Abierto y Ciclo Combinado con Diésel de la Central Térmica Mejillones muestran en el Apéndice C

9. RESULTADOS

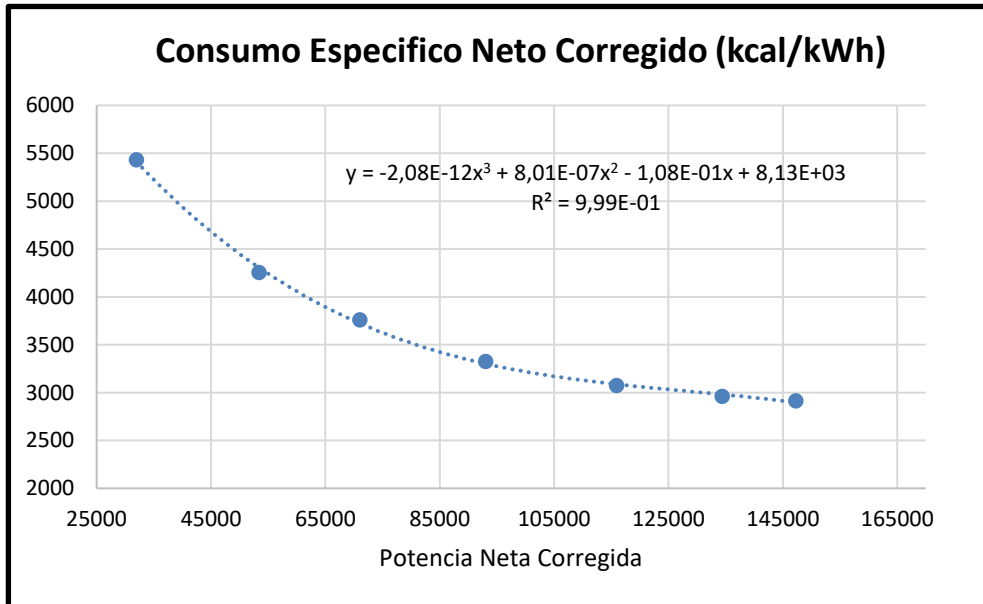
9.1. Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto (Sobre Poder Calorífico Superior) en la configuración Ciclo Abierto y Ciclo Combinado

CUADRO 9-1: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Abierto de la Central Térmica MEJILLONES con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)

Escalón	Potencia Nominal	Potencia Bruta Medida	Potencia Neta Medida	Consumo de Combustible Medido	Consumo Especifico Neto Medido		Consumo Especifico de Combustible Neto Medido	Eficiencia Neto Medido	Potencia Bruta Corregida	Potencia Neta Corregida	Consumo Especifico Neto Corregido			Incertidumbre		Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido	Eficiencia Neto Corregido
	(kW)	(kW)	(kW)		(kcal/kWh)	(kJ/kWh)					(Kg/kWh)	(%)	(kW)	(kW)	(kcal/kWh)		
1er Escalón	40000	40279,565	33123,913	19,755	5451,580	22824,674	0,499	15,772	39108,348	31952,696	5429,852	22733,703	0,000594	± 7,233	± 30,285	0,497	15,836
2do Escalón	62000	62851,667	54980,000	25,513	4241,716	17759,215	0,388	20,271	61238,456	53366,789	4254,632	17813,295	0,000465	± 11,183	± 46,821	0,389	20,210
3er Escalón	81000	81633,833	73433,333	30,102	3746,911	15687,566	0,343	22,948	79193,828	70993,328	3758,216	15734,898	0,000411	± 13,923	± 58,293	0,344	22,879
4to Escalón	105000	104946,897	95472,414	34,824	3334,117	13959,280	0,305	25,789	102475,264	93000,781	3324,654	13919,661	0,000364	± 19,560	± 81,892	0,304	25,863
5to Escalón	127000	127866,667	118000,000	39,740	3078,386	12888,587	0,282	27,932	125762,968	115896,302	3073,503	12868,144	0,000336	± 22,259	± 93,194	0,281	27,976
6to Escalón	146000	146644,667	136000,000	44,017	2958,413	12386,286	0,271	29,064	145047,296	134402,630	2959,026	12388,852	0,000324	± 24,653	± 103,218	0,271	29,058
7mo Escalón	160000	160054,000	149000,000	47,346	2904,503	12160,574	0,266	29,604	158290,263	147236,263	2913,449	12198,029	0,000319	± 33,881	± 141,851	0,267	29,513

Ilustración 9

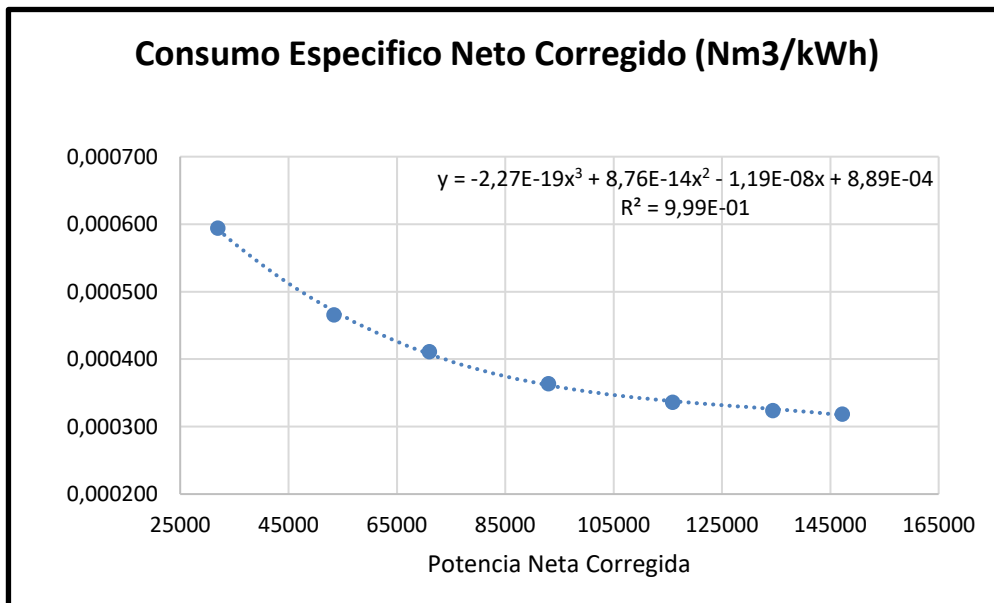
Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh)	
a ₀	-2,077642E-12
a ₁	8,005459E-07
a ₂	-1,083379E-01
a ₃	8,125001E+03

Ilustración 10

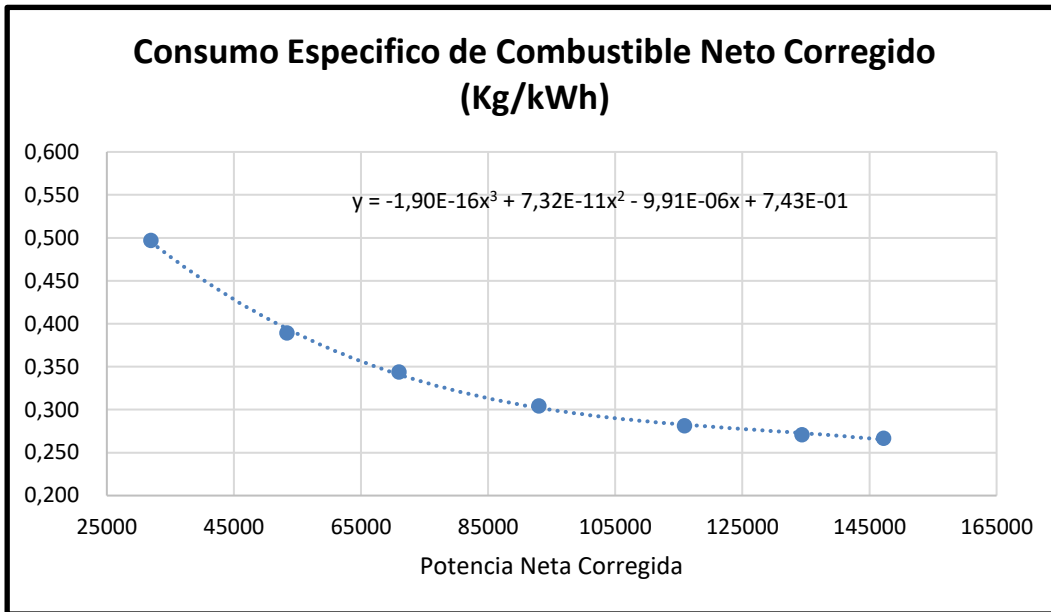
Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (Nm³/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (Nm³/kWh)	
a ₀	-2,272964E-19
a ₁	8,758063E-14
a ₂	-1,185229E-08
a ₃	8,888843E-04

Ilustración 11

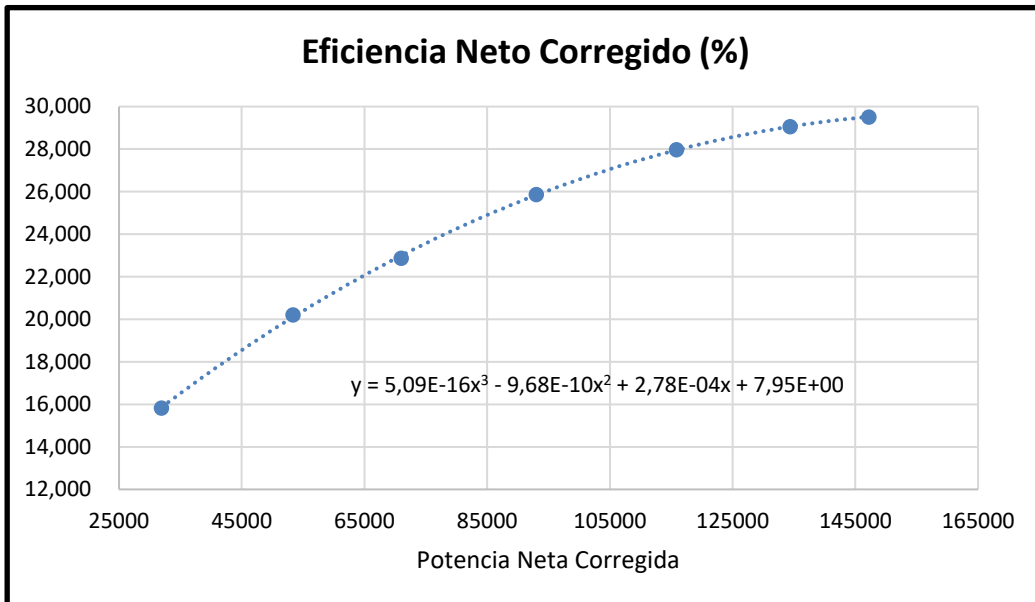
Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh)	
a ₀	-1,900804E-16
a ₁	7,324076E-11
a ₂	-9,911674E-06
a ₃	7,433443E-01

Ilustración 12

Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



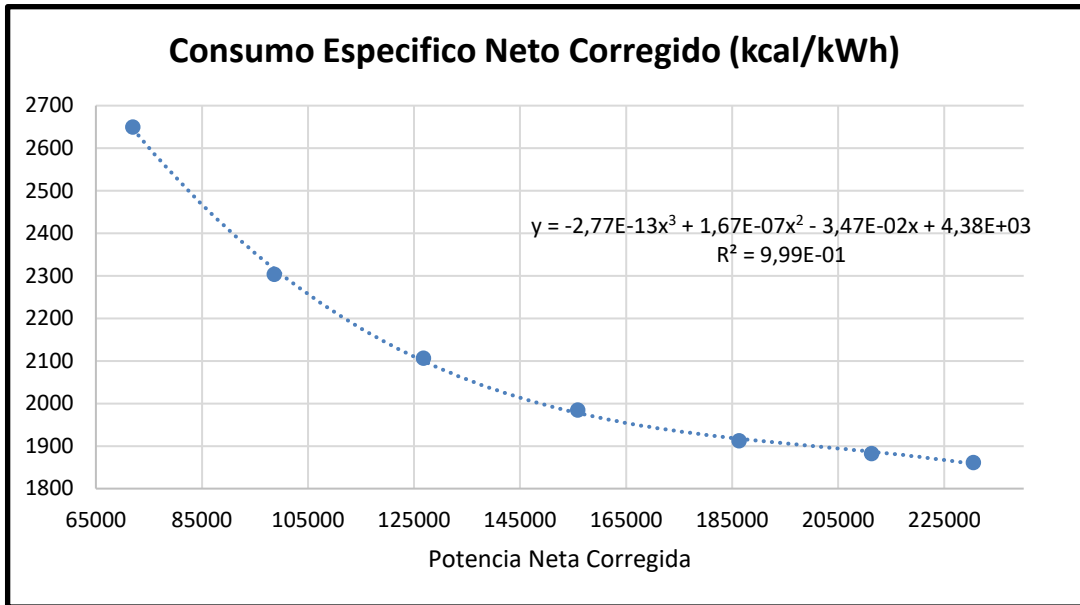
Eficiencia Neto Corregido (%)	
a ₀	5,093998E-16
a ₁	-9,681808E-10
a ₂	2,779851E-04
a ₃	7,951475E+00

CUADRO 9-2: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Combinado de la Central Térmica MEJILLONES con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)

Escalón	Potencia Nominal	Potencia Bruta Medida	Potencia Neta Medida	Consumo de Combustible Medido	Consumo Especifico Neto Medido		Consumo Especifico de Combustible Neto Medido	Eficiencia Neto Medido	Potencia Bruta Corregida	Potencia Neta Corregida	Consumo Especifico Neto Corregido			Incertidumbre		Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido	Eficiencia Neto Corregido
	(kW)	(kW)	(kW)		(kcal/kWh)	(kJ/kWh)					(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(Nm ³ /kWh)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)		
1er Escalón	80000	80450,517	72362,069	20,975	2649,510	11092,969	0,242	32,453	80104,436	72015,988	2649,902	11094,611	0,000290	± 8,887	± 37,209	0,242	32,448
2do Escalón	110000	110951,333	101556,667	25,513	2296,349	9614,353	0,210	37,444	108094,607	98699,941	2303,342	9643,630	0,000252	± 11,191	± 46,853	0,211	37,330
3er Escalón	140000	140493,833	131025,000	30,102	2099,967	8792,141	0,192	40,946	136281,870	126813,036	2106,303	8818,668	0,000230	± 13,927	± 58,308	0,193	40,822
4to Escalón	225000	170784,828	159958,621	34,824	1989,991	8331,693	0,182	43,209	166748,884	155922,677	1984,343	8308,047	0,000217	± 19,562	± 81,901	0,182	43,331
5to Escalón	200000	200873,333	189638,333	39,740	1915,486	8019,757	0,175	44,889	197554,188	186319,188	1912,448	8007,036	0,000209	± 22,261	± 93,200	0,175	44,960
6to Escalón	170000	225986,333	213811,667	44,017	1881,769	7878,592	0,172	45,693	223510,267	211335,600	1882,159	7880,224	0,000206	± 24,643	± 103,177	0,172	45,684
7mo Escalón	250000	246394,000	233245,000	47,346	1855,435	7768,336	0,170	46,342	243663,066	230514,066	1861,150	7792,263	0,000204	± 33,881	± 141,855	0,170	46,200

Ilustración 13

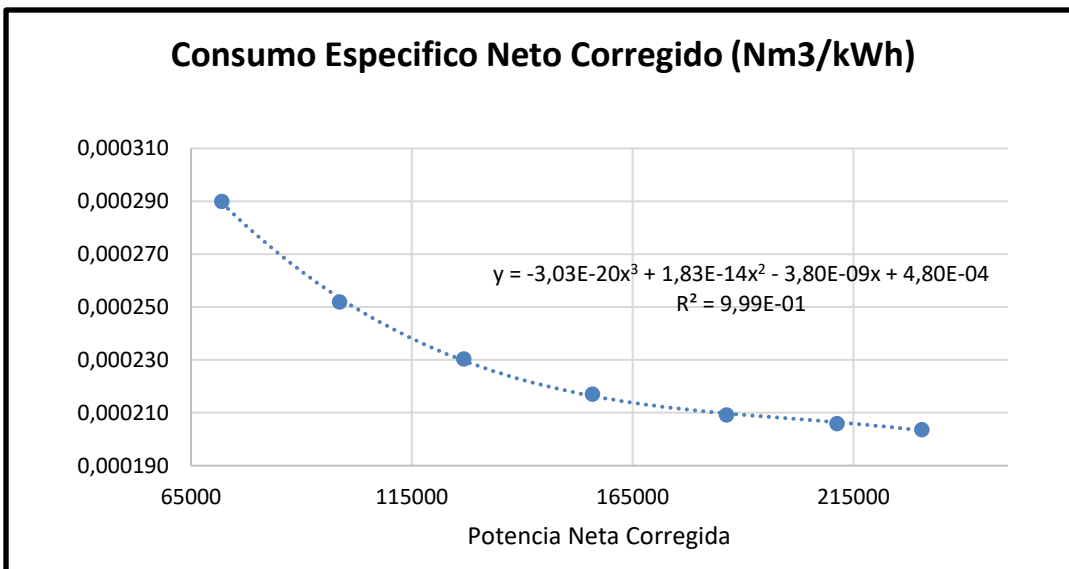
Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh)	
a ₀	-2,766690E-13
a ₁	1,668807E-07
a ₂	-3,472695E-02
a ₃	4,383861E+03

Ilustración 14

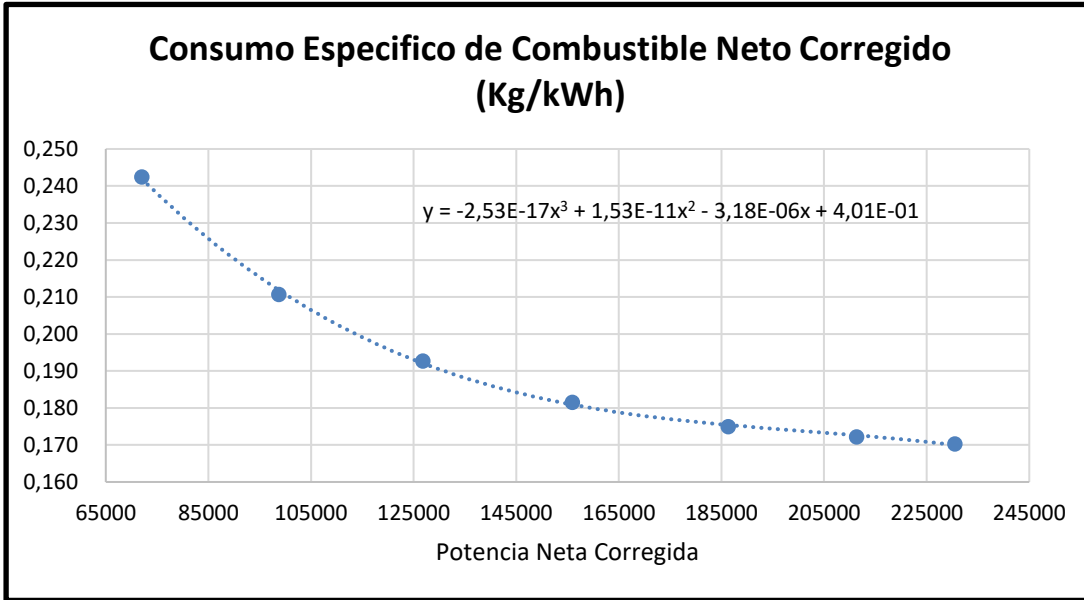
Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (Nm³/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (Nm³/kWh)	
a ₀	-3,026791E-20
a ₁	1,825694E-14
a ₂	-3,799168E-09
a ₃	4,795994E-04

Ilustración 15

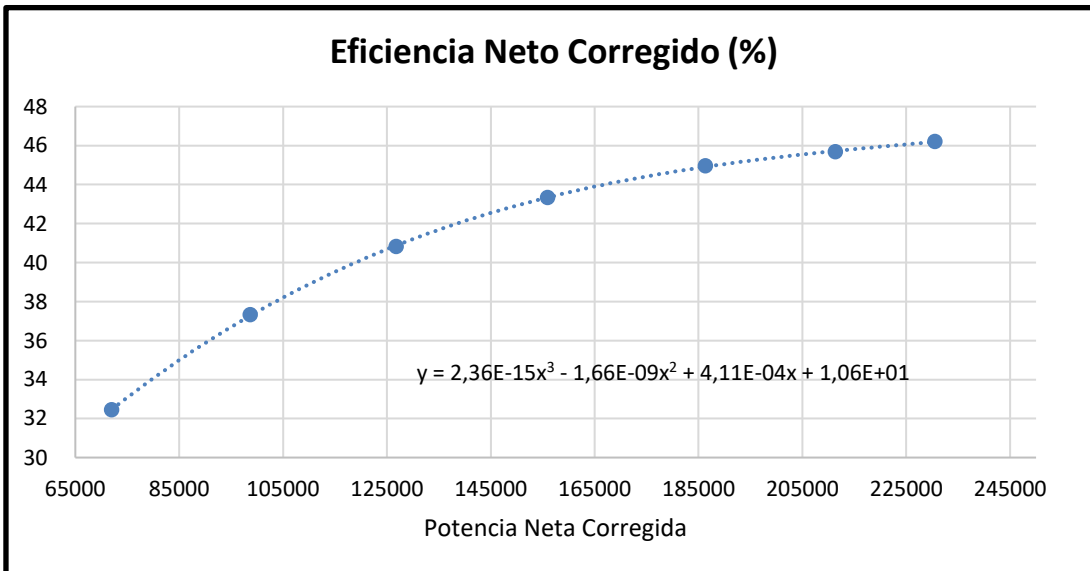
Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (Kg/kWh)	
a ₀	-2,531204E-17
a ₁	1,526767E-11
a ₂	-3,177117E-06
a ₃	4,010730E-01

Ilustración 16

Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora CTM3 de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)



Eficiencia Neto Corregido (%)	
a ₀	2,358746E-15
a ₁	-1,657643E-09
a ₂	4,113605E-04
a ₃	1,055606E+01

9.2. Resultados de Incertidumbre

CUADRO 9-3:

Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Abierto de la Central Térmica Mejillones con Diésel (Sobre Poder Calorífico Superior)

Prueba de Consumo Específico Neto de la Unidad CTM3 (Ciclo Abierto) - Central Térmica Mejillones - (kcal/kWh)						
Descripción	Valor Nominal	CEN _c Consumo Específico NetoCorregido	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático deCada Escalón	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	U _R Incertidumbre Absoluta Total deCada Escalón
Consumo Específico Neto Corregido - 1er Escalón	-	5429,852	kcal/kWh	7,092	1,423	7,233
Consumo Específico Neto Corregido - 2do Escalón	-	4254,632	kcal/kWh	10,860	2,670	11,183
Consumo Específico Neto Corregido - 3er Escalón	-	3758,216	kcal/kWh	13,823	1,669	13,923
Consumo Específico Neto Corregido - 4to Escalón	-	3324,654	kcal/kWh	24,324	4,012	24,653
Consumo Específico Neto Corregido - 5to Escalón	-	3073,503	kcal/kWh	22,163	2,061	22,259
Consumo Específico Neto Corregido - 6to Escalón	-	2959,026	kcal/kWh	18,647	5,905	19,560
Consumo Específico Neto Corregido - 7mo Escalón	-	2913,449	kcal/kWh	29,073	17,396	33,881

Prueba de Consumo Específico Neto de la Unidad CTM3 (Ciclo Abierto) - Central Térmica Mejillones - (kJ/kWh)						
Descripción	Valor Nominal	CEN _c Consumo Específico NetoCorregido	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático deCada Escalón	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	U _R Incertidumbre Absoluta Total deCada Escalón
Consumo Específico Neto Corregido - 1er Escalón	-	22733,703	kcal/kWh	29,693	5,957	30,285
Consumo Específico Neto Corregido - 2do Escalón	-	17813,295	kcal/kWh	45,467	11,177	46,821
Consumo Específico Neto Corregido - 3er Escalón	-	15734,898	kcal/kWh	57,872	6,989	58,293
Consumo Específico Neto Corregido - 4to Escalón	-	13919,661	kcal/kWh	101,842	16,797	103,218
Consumo Específico Neto Corregido - 5to Escalón	-	12868,144	kcal/kWh	92,793	8,631	93,194
Consumo Específico Neto Corregido - 6to Escalón	-	12388,852	kcal/kWh	78,070	24,725	81,892
Consumo Específico Neto Corregido - 7mo Escalón	-	12198,029	kcal/kWh	121,725	72,835	141,851

CUADRO 9-4:

Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora CTM3 en Ciclo Combinado de la Central Térmica Mejillones con Diésel (sobre Poder Calorífico Superior)

Prueba de Consumo Específico Neto de la Unidad CTM3 (Ciclo Combinado) - Central Térmica Mejillones - (kcal/kWh)						
Descripción	Valor Nominal	CEN _c Consumo Específico NetoCorregido	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático deCada Escalón	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	U _R Incertidumbre Absoluta Total deCada Escalón
Consumo Específico Neto Corregido - 1er Escalón	-	2649,902	kcal/kWh	6,991	5,487	8,887
Consumo Específico Neto Corregido - 2do Escalón	-	2303,342	kcal/kWh	10,867	2,671	11,191
Consumo Específico Neto Corregido - 3er Escalón	-	2106,303	kcal/kWh	13,827	1,667	13,927
Consumo Específico Neto Corregido - 4to Escalón	-	1984,343	kcal/kWh	24,326	3,945	24,643
Consumo Específico Neto Corregido - 5to Escalón	-	1912,448	kcal/kWh	22,165	2,062	22,261
Consumo Específico Neto Corregido - 6to Escalón	-	1882,159	kcal/kWh	18,649	5,906	19,562
Consumo Específico Neto Corregido - 7mo Escalón	-	1861,150	kcal/kWh	29,074	17,396	33,881

Prueba de Consumo Específico Neto de la Unidad CTM3 (Ciclo Combinado) - Central Térmica Mejillones - (kJ/kWh)						
Descripción	Valor Nominal	CEN _c Consumo Específico NetoCorregido	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático deCada Escalón	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	U _R Incertidumbre Absoluta Total deCada Escalón
Consumo Específico Neto Corregido - 1er Escalón	-	11094,611	kcal/kWh	29,270	22,974	37,209
Consumo Específico Neto Corregido - 2do Escalón	-	9643,630	kcal/kWh	45,499	11,183	46,853
Consumo Específico Neto Corregido - 3er Escalón	-	8818,668	kcal/kWh	57,889	6,981	58,308
Consumo Específico Neto Corregido - 4to Escalón	-	8308,047	kcal/kWh	101,847	16,517	103,177
Consumo Específico Neto Corregido - 5to Escalón	-	8007,036	kcal/kWh	92,800	8,631	93,200
Consumo Específico Neto Corregido - 6to Escalón	-	7880,224	kcal/kWh	78,080	24,726	81,901
Consumo Específico Neto Corregido - 7mo Escalón	-	7792,263	kcal/kWh	121,728	72,836	141,855

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	38