



**CENERGIA**

***K*ELAR S.A.**

**CENTRAL TÉRMICA KELAR**

**INFORME TÉCNICO DE  
CONSUMOS ESPECIFICOS  
NETOS DE LAS UNIDADES DE  
GENERACIÓN DE LA  
CENTRAL TERMICA KELAR,  
OPERANDO CON DIESEL OIL**

**LIMA, AGOSTO DE 2022**

	<b>INFORME TÉCNICO DE CONSUMOS ESPECIFICOS NETOS</b>	CENTRAL TÉRMICA KELAR
		REV. 00
		FECHA: 16/08/2022

## ÍNDICE

		Pág.
1	Introducción.....	3
1.1	Documentos de Referencia .....	3
2	Objetivo del Informe .....	4
3	Descripción de la Central Térmica Kelar .....	4
4	Metodología de Ensayo .....	5
5	Metodología de Cálculo del Consumo Especifico Neto .....	6
5.1	Consumo Específico Neto .....	6
5.2	Factores de Corrección del Consumo Específico Neto (FC (CEN)).....	7
5.3	Cálculo del Consumo Específico Neto Corregido.....	9
5.4	Resultado de Incertidumbre Consumo Específico Neto.....	9
6	Análisis y Evaluación de Resultados de los Ensayos de los Consumos Específicos Netos (CEN) .....	10
6.1	Información Base .....	10
6.2	Resultados de los Análisis del Combustible .....	11
6.3	Validación de los datos de ensayo .....	11
7	Determinación de los Consumos Especificos Netos .....	12
7.1	Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) configuración del Ciclo CombinadoTG1 + TG2 + TV.....	12
7.2	Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) del ciclo combinado TG1 + TV	15
7.3	Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) del ciclo combinado TG2 + TV	17
7.4	Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) de la unidad TG1 en ciclo simple	20
7.5	Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) de la unidad TG2 en ciclo simple	23

## ANEXOS

**ANEXO 1: ACTAS DE ENSAYO DE LAS CONFIGURACIONES DE OPERACIÓN DE LA CT KELAR**

**ANEXO 2: VALIDACIÓN DE DATOS DE ENSAYO**

**ANEXO 3: ANALISIS DE COMBUSTIBLE**

**ANEXO 4: CURVAS DE CORRECCION**

**ANEXO 5: CERTIFICADOS DE CALIBRACION**

**ANEXO 6: ESQUEMA DE MEDICIONES**

# INFORMACIÓN DE LOS CONSUMOS ESPECIFICOS NETOS DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL TÉRMICA KELAR

## 1 Introducción

El CEN en su Anexo Técnico “Determinación de Consumos Específicos de Unidades Generadoras”, establece los procedimientos requeridos para calcular, auditar e informar sobre la determinación de los consumos específicos neto en las unidades de generación térmica del parque de generación del Sistema Interconectado.

La central térmica Kelar, es una planta de generación de energía de ciclo combinado de 537.41 MW (configuración 02 Turbinas de Gas con Calderas Recuperadoras, y una Turbina de Vapor) ubicada en la zona de Mejillones a 90 km de Antofagasta.

En ese sentido, que la empresa generadora KELAR S.A., encargo a la empresa CENERGIA, la ejecución de las pruebas de consumos específicos netos (CEN) y la elaboración del informe técnico de los consumos específicos netos (CEN) de las unidades de generación de la central térmica Kelar.

Para determinar los Consumos Especificos Netos (CEN) de las unidades generadoras de la central térmica Kelar, se efectuaron los ensayos de Consumos Especificos Netos (CEN), durante los días 05 de julio al 10 de julio del 2022.

### 1.1 Documentos de Referencia

Las referencias a tomar en cuenta para la elaboración del presente informe técnico son las siguientes:

- **ANEXO TECNICO:** Determinación de Consumos Específicos de Unidades Generadoras
- **ASME PTC 4.4 [2008]** “Gas Turbine Heat Recovery Steam Generators”
- **ASME PTC 22 [2014]** “Gas Turbines”
- **ASME PTC 46 [2015]** “Overall Plant Performance”
- **ASME PTC 6 [2014]** “Performance Test Code 6 on Steam Turbines”

- **ASME PTC 6.2 [2004]** “Steam Turbines In Combined Cycles”
- **ASME PTC 19.1 [2018]** “Test Uncertainty”
- **ASTM D1945-14 [2019]** “Standard Test Method for Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography.”
- **ASTM D3588 [1998]** “Standard Practice for Calculating Heat Value, Compressibility Factor, and Relative Density (Specific Gravity) of Gaseous Fuels.”

## 2 Objetivo del Informe

El objetivo del informe técnico es presentar la información de los consumos específicos netos (CEN) de las diferentes configuraciones de operación de la central térmica de ciclo combinado Kelar operando con Diésel Oíl, conformada por dos (2) turbinas de gas, (2) calderas de recuperación de calor y una (1) turbina de vapor; es decir en los modos de operación ciclo combinado 2+2+1, 1+1+1 y en ciclo simple; tal como se muestra en la **Tabla 1**.


**Tabla 1**  
**Modos de Operación de la CT Kelar**

N°	Descripción	Combustible
1	TG1+TG2+TV (2+2+1)	Diésel Oíl
2	TG1 +TV (1+1+1)	Diésel Oíl
3	TG2 +TV (1+1+1)	Diésel Oíl
4	TG1	Diésel Oíl
5	TG2	Diésel Oíl

## 3 Descripción de la Central Térmica Kelar

La central térmica Kelar es una planta de generación de energía de ciclo combinado de 537.41 MW (configuración dos (2) turbinas de gas con calderas recuperadoras, y una (1) Turbina de Vapor) ubicada en la zona de Mejillones a 90 km de Antofagasta.

Las características técnicas principales de las unidades de generación, se indican en la **Tabla 2**.

	<b>INFORME TÉCNICO DE CONSUMOS ESPECIFICOS NETOS</b>	CENTRAL TÉRMICA KELAR
		REV. 00
		FECHA: 16/08/2022

**Tabla 2**  
**Características Técnicas de las Unidades de Generación**  
**Central Térmica Kelar**

Descripción		Unidad	TG1	TG2	TV
<b>Turbina</b>					
Fabricante			ALSTOM	ALSTOM	DOOSAN SKODA POWER
Serie			G366	G367	4782-4783
Modelo			GT13E2	GT13E2	MTD60CR
Tipo			HEAVY DUTY	HEAVY DUTY	
Potencia nominal	Base	kW	179,000	179,000	179,410
Fabricación / Puesta en servicio		Año	2014 / 2016	2014 / 2016	2014 /2016
Velocidad de Rotación		rpm	3000	3000	3000
Nº de etapas	Compresor		21	21	NA
	Turbina		5	5	
Combustible utilizado			Dual Gas/Diésel	Dual Gas/Diésel	NA
<b>Generador Eléctrico</b>					
Fabricante			ALSTOM	ALSTOM	DOOSAN SKODA POWER
Tipo			Cerrado Agua/Aire de Refrigeración	Cerrado Agua/Aire de Refrigeración	Cerrado Agua/Aire de Refrigeración
Tensión Nominal		V	15,000	15,000	15,000
Factor de Potencia		FP	0.85	0.85	0.85
Frecuencia		Hz	50	50	50
Velocidad de rotación		rpm	3000	3000	3000

## 4 Metodología de Ensayo

La metodología de ensayo, se describe en el Protocolo de Pruebas de Consumo Especifico Neto (CEN) aprobado por el CEN, donde se especifica los términos y condiciones de la realización de la **prueba** de consumo específico neto (CEN) de la Central Ciclo Combinado Kelar, conformada por dos (2) turbinas de gas y una (1) turbina de vapor. Para el caso de la central térmica Kelar, se realizaron los ensayos en los modos de operación ciclo combinado 2+2+1, 1+1+1 y en ciclo simple, operando con Diésel Oil.

	<b>INFORME TÉCNICO DE CONSUMOS ESPECIFICOS NETOS</b>	CENTRAL TÉRMICA KELAR
		REV. 00
		FECHA: 16/08/2022

Para cada ensayo, se revisó la estabilidad operativa en cada nivel de generación, a fin de verificar el cumplimiento de los niveles de variabilidad del Protocolo de Ensayo. Los datos se obtuvieron de las siguientes fuentes de información:

- Tendencias de parámetros operativos extraídos del HMI
- Medidor de energía neta
- Medidor tipo ultrasonido de diésel oíl
- Medidor de parámetros ambientales

En el **Anexo 1**, se presentan las Actas de Ensayo de Consumo Especifico Neto (CEN) de los tres modos de operación de la central térmica Kelar.

## 5 Metodología de Cálculo del Consumo Especifico Neto

Para la metodología de cálculo del consumo específico neto (CEN) se considerara lo siguiente:

- ✓ Las mediciones de las pruebas de CEN registradas en el DCS y sistema de control de la planta, de acuerdo al protocolo de pruebas aprobado.
- ✓ Se utilizaran los factores de corrección de CEN para la desviación de las condiciones ambientales respecto a los valores de referencia.

El **CEN** de las **unidades** de generación de la central térmica Kelar, se calcularan de acuerdo a las ecuaciones que se indican a continuación.

### 5.1 Consumo Especifico Neto

El Para determinar el Consumo Especifico Neto medido durante cada nivel de carga ensayado; considerando el consumo del combustible, el poder calorífico superior (LHV) del combustible utilizado y la potencia neta medida en cada nivel de carga ensayada. Se calculara el Consumo Especifico Neto con la siguiente formula:

$$CENm = \frac{CC * PC}{P_{neta}}$$

	<b>INFORME TÉCNICO DE CONSUMOS ESPECIFICOS NETOS</b>	CENTRAL TÉRMICA KELAR
		REV. 00
		FECHA: 16/08/2022

Dónde:

- $CEN_m$ : Consumo específico neto medido (kcal/kWh)
- CC: Consumo de combustible (kg/h, m<sup>3</sup>/h)
- PC: Poder calorífico superior medido (kJ/kg, kJ/m<sup>3</sup>)
- $P_{neta}$ : Potencia Neta (kW)

## 5.2 Factores de Corrección del Consumo Específico Neto (FC (CEN))

Los factores de corrección de **CEN** se aplican para la desviación de las condiciones ambientales medidas durante el Ensayo respecto a los valores de referencia. Para cada parámetro medido de las condiciones ambientales se determinará el valor promedio a partir de las mediciones realizadas durante el período del Ensayo de 45 minutos **para** el ciclo combinado y 20 minutos para el ciclo simple con frecuencia cada 1 minuto. Los factores de corrección de **CEN** se determinaran en base a cada valor promedio del Ensayo. Todas las curvas y tablas de factores de corrección de referencia a aplicar, se encuentran en el protocolo de ensayo. Las condiciones de referencia a utilizar para el cálculo del **CEN** se indican en la **Tabla 3**.

**Tabla 3**  
**Condiciones de Referencia para el Cálculo del Consumo Específico Neto Corregido**

Descripción del Parámetro	Valor	Unidad de medida
Temperatura ambiente	15	°C
Humedad relativa	60	%
Presión atmosférica	760	mmHg
Factor de potencia	0.85	-

Los factores de corrección utilizados por **desvío** de las condiciones ambientales para el cálculo del Consumo Específico Neto, se indica en la **Tabla 4**.

**Tabla 4**  
**Factores de Corrección por desvío de las condiciones ambientales**

Factor de Corrección	TG1 / TG2 Ciclo Simple	TG1 / TG2 + TV Ciclo Combinado	TG1 + TG2 + TV Ciclo Combinado
	Diésel Oíl	Diésel Oíl	Diésel Oíl
Temperatura ambiente	X	X	X
Humedad relativa	X	X	X
Presión atmosférica	X	X	X

A continuación se define los factores de corrección a utilizar para el cálculo del **CEN**:

- **Factor de corrección por Temperatura ambiente (FC<sub>TA</sub>):** Los factores de corrección del consumo específico neto por desvío de la temperatura ambiente respecto al valor de referencia se obtienen de las que se muestra en el Protocolo de Ensayo. El factor de corrección es el eje Y, se obtiene ingresando en el eje X con el valor de temperatura ambiente promedio medido durante en el Ensayo.
  
- **Factor de corrección por Humedad relativa (FC<sub>HR</sub>):** Los factores de corrección del consumo específico neto por desvío de la humedad relativa respecto al valor de referencia se obtienen de las curvas que se muestra en el Protocolo de Ensayo. El valor del factor de corrección es el eje Y, se obtiene ingresando en el eje X con el valor de humedad relativa promedio medido durante en el Ensayo.
  
- **Factor de corrección por Presión atmosférica (FC<sub>PA</sub>):** Los factores de corrección del consumo específico neto por desvío de la presión atmosférica respecto al valor de referencia se obtienen de las curvas que se muestra en el Protocolo de Ensayo. El valor del factor de corrección es el eje Y, se obtiene ingresando en el eje X con el valor de presión atmosférica promedio medido durante en el Ensayo.



	<b>INFORME TÉCNICO DE CONSUMOS ESPECIFICOS NETOS</b>	CENTRAL TÉRMICA KELAR
		REV. 00
		FECHA: 16/08/2022

## 5.3 Cálculo del Consumo Específico Neto Corregido

### 5.3.1 Consumo Específico Neto Medido en base al PCs (CEN<sub>M</sub> (PCs))

Es el Consumo Neto Corregido en función de los factores de las desviaciones de las condiciones ambientales respecto a las condiciones de referencia, en base al Poder Calorífico Superior (PCs) del combustible y la potencia neta de salida, se calcula con la formula siguiente:

$$CEN_c = \frac{CEN_m}{FC_{TA} * FC_{HR} * FC_{PA}}$$

Donde;

- CEN<sub>c</sub>: Consumo especifico neto calculado (kcal/kWh)
- CEN<sub>m</sub>: Consumo especifico neto medido (kcal/kWh)
- FC<sub>TA</sub>: Factor de Corrección por temperatura ambiente.
- FC<sub>HR</sub>: Factor de Corrección por humedad relativa.
- FC<sub>PA</sub>: Factor de Corrección por presión atmosférica.

## 5.4 Resultado de Incertidumbre Consumo Específico Neto

Con los datos registrados durante el Ensayo se realizó el cálculo de la **incertidumbre** de cada parámetro, los cálculos y las ecuaciones utilizadas se encuentran en el archivo Excel de cálculo de CEN.

**Tabla 5**  
**Resultado de Incertidumbre CEN con Diésel Oíl**

Modo de Operación	Máx. $U^*$	$U_{Resultado}$ CEN corregido
Ciclo combinado TG1+TG2+TV	± 1.5%	0.26%

\* ASME PTC 46 – Tabla 1.1

	<b>INFORME TÉCNICO DE CONSUMOS ESPECIFICOS NETOS</b>	CENTRAL TÉRMICA KELAR
		REV. 00
		FECHA: 16/08/2022

## 6 Análisis y Evaluación de Resultados de los Ensayos de los Consumos Específicos Netos (CEN)

### 6.1 Información Base

La información base (registros de mediciones), para los cálculos de los consumos de específicos netos (CEN) para los diferentes modos de operación de la central térmica Kelar, se muestran en el **Anexo 1: Actas de Ensayo** para cada modo de operación de la central Kelar.

De acuerdo al protocolo de ensayo CEN se midieron las siguientes variables primarias:

- Potencia Neta (kW).
- Consumo de combustible (kg/s).
- Temperatura ambiente.
- Humedad relativa.
- Presión barométrica.

Las variables secundarias en la TG a medir son las siguientes:

- Factor de potencia.
- Temperatura de los gases de escape (turbina).
- Nivel de vibración (turbina).
- Velocidad de rotación del grupo.
- Frecuencia.

Las variables secundarias en la TV a medir son las siguientes:

- Factor de potencia.
- Temperatura de vapor.
- Presión de vapor.
- Nivel de vibración (turbina).
- Velocidad de rotación del grupo.

## 6.2 Resultados de los Análisis del Combustible

Para el cálculo de los de consumos específicos netos de las diferentes configuraciones de operación de la central térmica Kelar, se utilizó el poder calorífico superior del diésel oíl. El poder calorífico superior (PCS), se define como la cantidad de calor desprendido en el proceso de combustión completo de una unidad de combustible, el cual incluye el calor latente utilizado en la combustión de vapor de agua originado en la combustión.

En la **Tabla 6 y 7**, se muestran los valores de los PCS y PCI, en los diferentes porcentajes de carga y el promedio; para cada una de las configuraciones de operación de las unidades de la central térmica Kelar. Dichos valores se han obtenido del análisis de laboratorio de las muestras obtenidas durante las pruebas.

**Tabla 6**  
**Valores del Poder Calorífico Superior (PCS) del Diésel Oíl, para los tres modos de operación de la central térmica Kelar**

Poder Calorífico Superior (PCS) (kJ/m <sup>3</sup> )				
TG1+TG2+TV	TG1+TV	TG2+TV	TG1	TG2
10926.50	10928	10929.50	10926.50	10926

**Tabla 7**  
**Valores del Poder Calorífico Inferior (PCI) del Diésel Oíl, para los tres modos de operación de la central térmica Kelar**

Poder Calorífico Superior (PCI) (kJ/m <sup>3</sup> )				
TG1+TG2+TV	TG1+TV	TG2+TV	TG1	TG2
10248.50	10249	10250.50	10248.50	10248

## 6.3 Validación de los datos de ensayo

En el **Anexo 1**, se muestran los resultados de la validación de los datos de ensayo para cada uno de los modos de operación de la central térmica Kelar. Los datos validos son los siguientes:

- ✓ Potencia
- ✓ Factor de potencia
- ✓ Temperatura Ambiente
- ✓ Presión Ambiente
- ✓ Velocidad de rotación
- ✓ Flujo de combustible

Se determinó las desviaciones estándar para cada uno de los parámetros mencionados, dando como resultado valores que están dentro de su desviación, según el valor de referencia de cada parámetro. Los resultados se muestran para cada porcentaje de carga ensayado.

## 7 Determinación de los Consumos Específicos Netos

Para la determinación de los consumos específicos netos (CEN) de las diferentes configuraciones de la central térmica Kelar, se siguió la metodología de cálculo del consumo específico neto (CEN), indicado en el punto 5, del presente informe.

### 7.1 Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) configuración del Ciclo Combinado TG1 + TG2 + TV

En la **Tabla 8**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para la configuración del ciclo combinado TG1 + TG2 + TV, utilizando el poder calorífico superior (PCS).

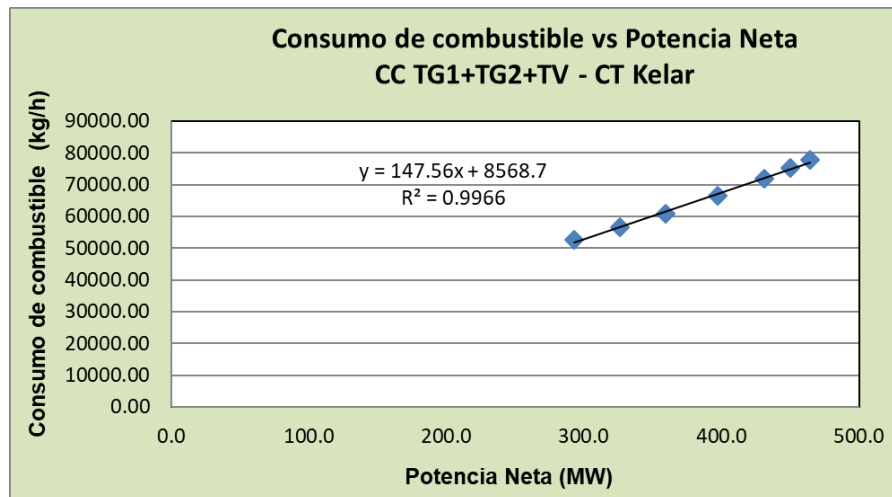
**Tabla 8**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo combinado TG1+TG2+TV operando con diésel oíl con el Poder Calorífico Superior (PCS)**

Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONES ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CC (°C)	Hx (%)	Pax CC (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kWh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>c</sub> (kcal/kwh)
100%	464.2	77743.20	12.31	82.45	757.44	1830.02	1.0029	1.0026	0.9999	1820.15
95%	450.1	75186.40	12.08	85.72	757.24	1825.28	1.0032	1.0030	0.9999	1814.32
90%	431.2	71888.00	11.66	85.82	757.10	1821.50	1.0036	1.0030	0.9999	1809.72
80%	397.2	66625.60	11.96	84.46	756.73	1832.66	1.0033	1.0028	0.9999	1821.69
70%	359.2	60906.40	12.50	84.83	756.15	1852.85	1.0027	1.0029	0.9999	1842.80
MT	293.1	52549.60	13.05	78.54	755.97	1958.81	1.0021	1.0021	0.9999	1950.77
51%	326.3	56650.40	12.84	76.96	756.72	1896.96	1.0023	1.0020	0.9999	1889.04

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM

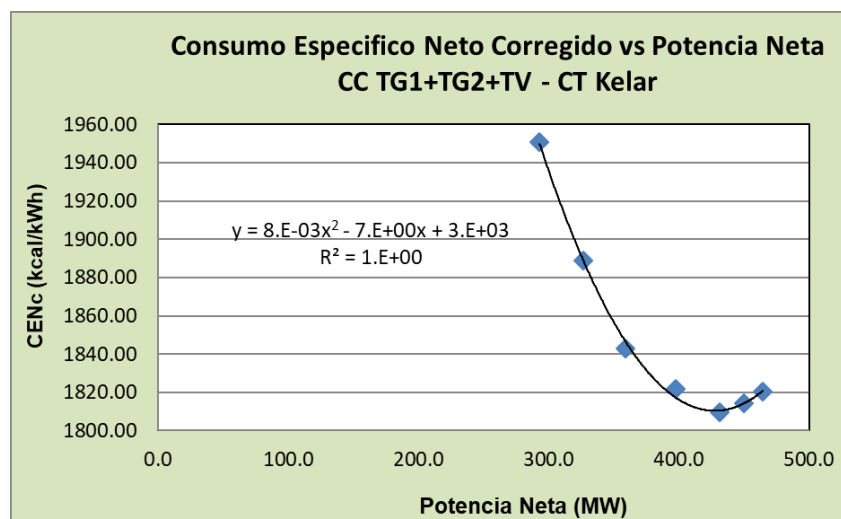
En la **Figura 1**, se muestra la curva de consumo de combustible vs la potencia neta, así como su ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 1**  
**Curva de Consumo de Combustible (kg/h) Vs Potencia Neta (MW)**



En la **Figura 2**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 2**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Superior (PCS)**



En la **Tabla 9**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para el ciclo combinado TG1 + TG2 + TV, utilizando el poder calorífico inferior (PCI).

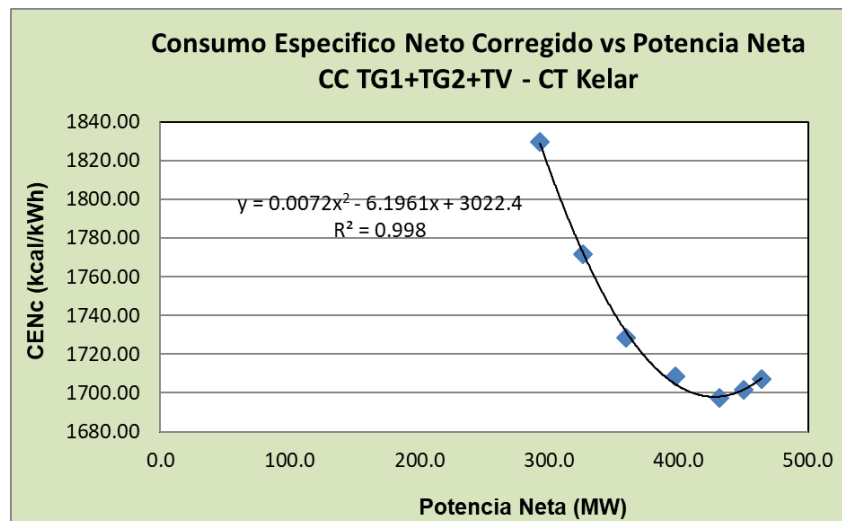
**Tabla 9**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo combinado  
 TG1+TG2+TV operando con diésel oíl con el Poder Calorífico Inferior (PCI)**

Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONES ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CC (°C)	Hx (%)	Pax CC (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kwh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>C</sub> (kcal/kwh)
100%	464.2	77743.20	12.31	82.45	757.44	1716.47	1.0029	1.0026	0.9999	1707.21
95%	450.1	75186.40	12.08	85.72	757.24	1712.02	1.0032	1.0030	0.9999	1701.74
90%	431.2	71888.00	11.66	85.82	757.10	1708.48	1.0036	1.0030	0.9999	1697.42
80%	397.2	66625.60	11.96	84.46	756.73	1718.94	1.0033	1.0028	0.9999	1708.65
70%	359.2	60906.40	12.50	84.83	756.15	1737.88	1.0027	1.0029	0.9999	1728.45
MT	293.1	52549.60	13.05	78.54	755.97	1837.26	1.0021	1.0021	0.9999	1829.73
51%	326.3	56650.40	12.84	76.96	756.72	1779.25	1.0023	1.0020	0.9999	1771.82

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM

En la **Figura 3**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva, utilizando el poder calorífico inferior.

**Figura 3**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)  
 Poder Calorífico Inferior (PCI)**



## 7.2 Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) del ciclo combinado TG1 + TV

En la **Tabla 10**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para el ciclo combinado TG1 + TV, utilizando el poder calorífico superior (PCS).

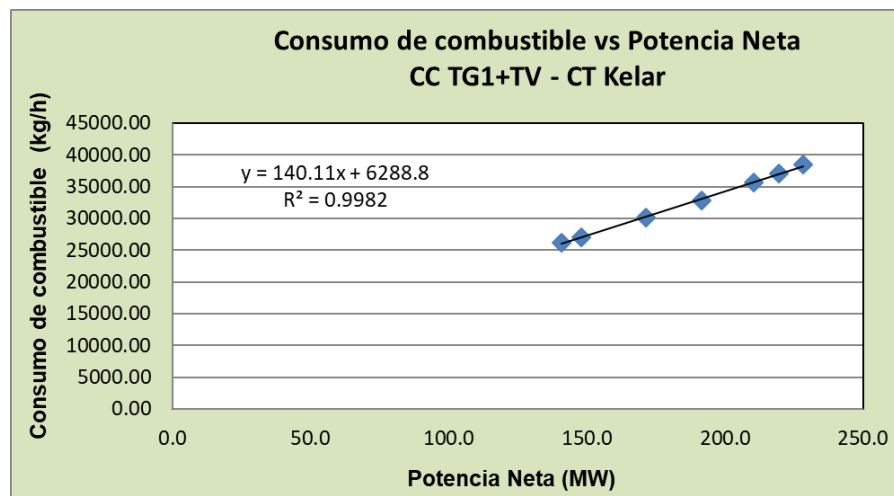
**Tabla 10**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo combinado TG1+TV operando con diésel oil con el Poder Calorífico Superior (PCS)**

Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONES ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CC (°C)	Hx (%)	Pax CC (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kWh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>C</sub> (kcal/kwh)
100%	228.1	38558.40	13.44	84.94	756.16	1846.94	1.0008	1.0060	1.0004	1833.68
95%	219.6	37064.80	13.15	85.96	756.09	1844.58	1.0010	1.0062	1.0004	1830.60
90%	210.4	35640.00	13.01	86.32	755.98	1850.79	1.0011	1.0063	1.0004	1836.44
80%	191.6	32904.80	13.53	84.52	756.05	1876.40	1.0008	1.0059	1.0004	1863.18
70%	171.4	30090.40	12.86	88.96	756.60	1919.00	1.0012	1.0069	1.0004	1902.91
60%	148.0	27088.80	12.77	86.97	756.67	1999.62	1.0012	1.0065	1.0004	1983.70
MT	141.0	26247.20	12.20	87.91	756.44	2034.80	1.0015	1.0067	1.0004	2017.47

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM

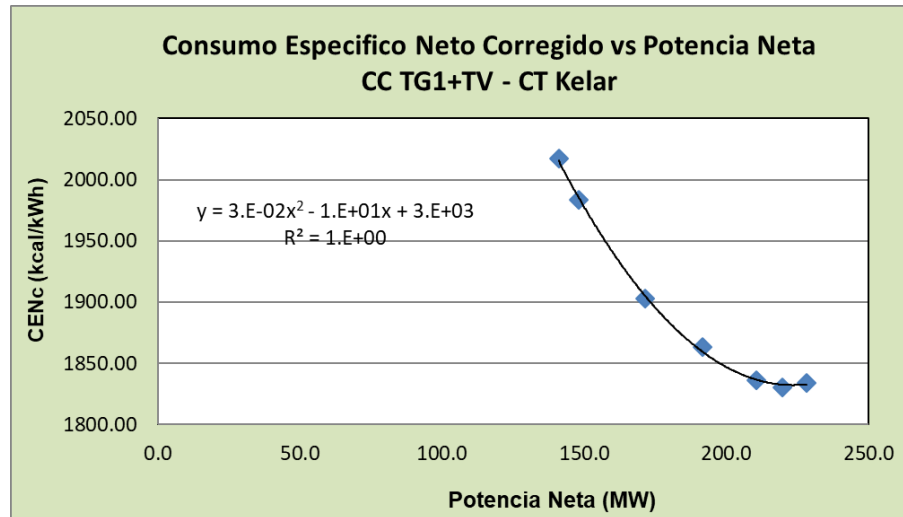
En la **Figura 4**, se muestra la curva de consumo de combustible vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 4**  
**Curva de Consumo de Combustible (kg/h) Vs Potencia Neta (MW)**



En la **Figura 5**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 5**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Superior (PCS)**



En la **Tabla 11**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para del ciclo combinado TG1 + TV, utilizando el poder calorífico inferior (PCI).

**Tabla 11**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo combinado TG1+TV**  
**operando con diésel oíl con el Poder Calorífico Inferior (PCI)**

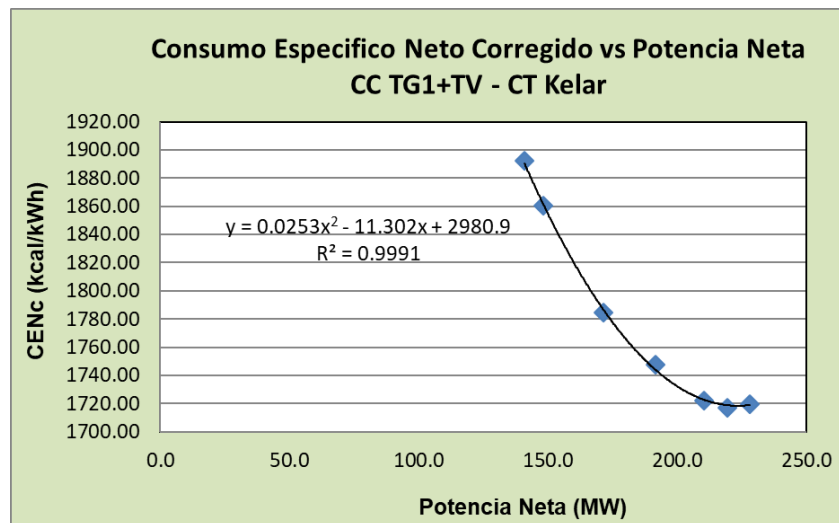
Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONES ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CC (°C)	Hx (%)	Pax CC (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kwh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>C</sub> (kcal/kwh)
100%	228.1	38558.40	13.44	84.94	756.16	1732.18	1.0008	1.0060	1.0004	1719.75
95%	219.6	37064.80	13.15	85.96	756.09	1729.97	1.0010	1.0062	1.0004	1716.86
90%	210.4	35640.00	13.01	86.32	755.98	1735.79	1.0011	1.0063	1.0004	1722.34
80%	191.6	32904.80	13.53	84.52	756.05	1759.81	1.0008	1.0059	1.0004	1747.42
70%	171.4	30090.40	12.86	88.96	756.60	1799.77	1.0012	1.0069	1.0004	1784.67
60%	148.0	27088.80	12.77	86.97	756.67	1875.38	1.0012	1.0065	1.0004	1860.45
MT	141.0	26247.20	12.20	87.91	756.44	1908.37	1.0015	1.0067	1.0004	1892.11

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM



En la **Figura 6**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva, utilizando el poder calorífico inferior.

**Figura 6**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Inferior (PCI)**



### 7.3 Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) del ciclo combinado TG2 + TV

En la **Tabla 12**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para el ciclo combinado TG2 + TV, utilizando el poder calorífico superior (PCS).

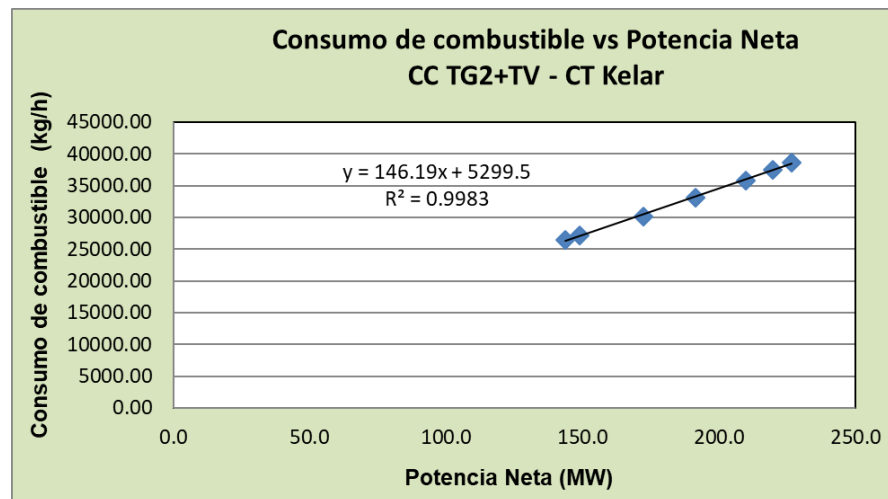
**Tabla 12**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo combinado TG2+TV operando con diésel oíl con el Poder Calorífico Superior (PCS)**

Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONE S ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CC (°C)	Hx (%)	Pax CC (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kWh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>C</sub> (kcal/kwh)
100%	226.8	38686.40	14.20	81.04	757.56	1864.66	1.0004	1.0050	1.0003	1854.03
95%	219.6	37469.60	14.30	82.92	757.70	1864.72	1.0004	1.0055	1.0002	1853.39
90%	209.8	35870.40	14.38	80.14	757.44	1868.37	1.0003	1.0048	1.0003	1858.28
80%	191.3	33052.00	14.40	77.42	757.40	1888.58	1.0003	1.0042	1.0003	1879.60
70%	172.2	30189.60	14.40	77.16	757.28	1916.08	1.0003	1.0041	1.0003	1907.07
55%	148.8	27131.20	14.47	76.65	756.91	1992.37	1.0003	1.0040	1.0003	1983.24
MT	143.6	26513.60	14.28	78.84	756.79	2018.07	1.0004	1.0045	1.0003	2007.55

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM

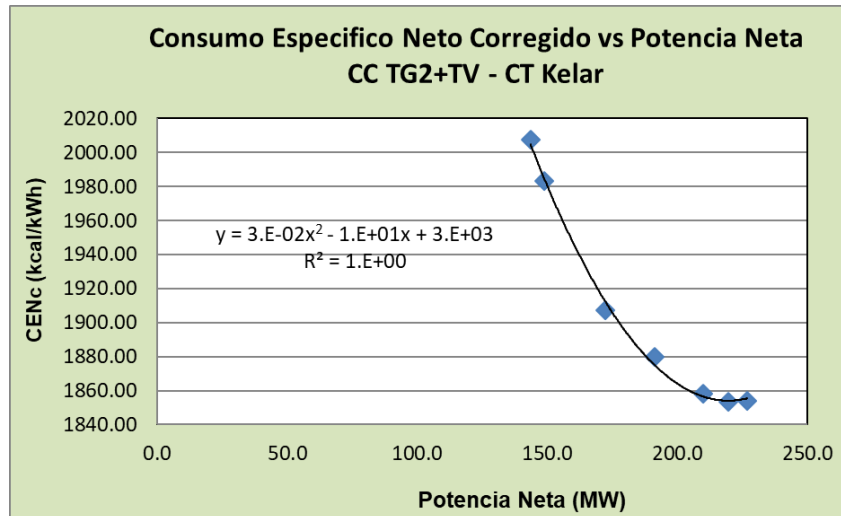
En la **Figura 7**, se muestra la curva de consumo de combustible vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 7**  
**Curva de Consumo de Combustible (kg/h) Vs Potencia Neta (MW)**



En la **Figura 8**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 8**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Superior (PCS)**



En la **Tabla 13**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para del ciclo combinado TG2 + TV, utilizando el poder calorífico inferior (PCI).

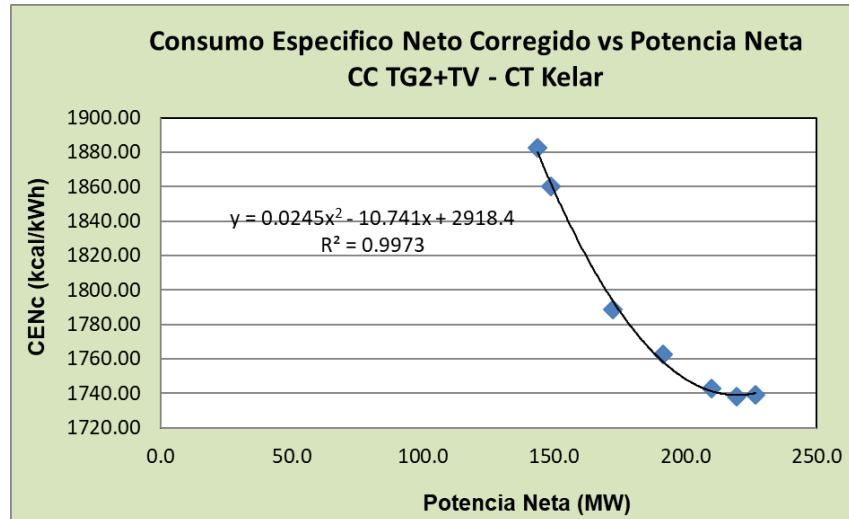
**Tabla 13**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo combinado TG2+TV**  
**operando con diésel oil con el Poder Calorífico Inferior (PCI)**

Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONES ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CC (°C)	Hx (%)	Pax CC (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kwh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>C</sub> (kcal/kwh)
100%	226.8	38686.40	14.20	81.04	757.56	1748.81	1.0004	1.0050	1.0003	1738.85
95%	219.6	37469.60	14.30	82.92	757.70	1748.87	1.0004	1.0055	1.0002	1738.25
90%	209.8	35870.40	14.38	80.14	757.44	1752.30	1.0003	1.0048	1.0003	1742.84
80%	191.3	33052.00	14.40	77.42	757.40	1771.25	1.0003	1.0042	1.0003	1762.83
70%	172.2	30189.60	14.40	77.16	757.28	1797.04	1.0003	1.0041	1.0003	1788.59
55%	148.8	27131.20	14.47	76.65	756.91	1868.59	1.0003	1.0040	1.0003	1860.03
MT	143.6	26513.60	14.28	78.84	756.79	1892.70	1.0004	1.0045	1.0003	1882.83

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM

En la **Figura 9**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva, utilizando el poder calorífico inferior.

**Figura 9**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Inferior (PCI)**



#### 7.4 Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) de la unidad TG1 en ciclo simple

En la **Tabla 14**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para la unidad TG1 en ciclo simple, utilizando el poder calorífico superior (PCS).

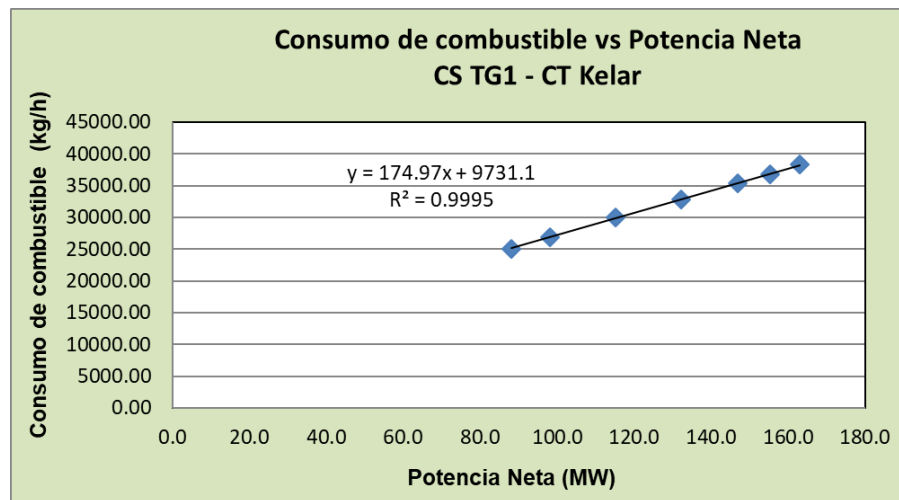
**Tabla 14**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo simple unidad TG1**  
**operando con diésel oíl con el Poder Calorífico Superior (PCS)**

Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONES ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CS (°C)	Hx (%)	Pax CS (mmhg)	CEN <sub>m</sub> (kcal/kWh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>c</sub> (kcal/kwh)
100%	163.1	38390.40	13.04	76.80	755.00	2571.56	0.9994	1.0006	1.0006	2570.06
95%	155.3	36819.00	12.77	77.61	754.72	2589.89	0.9993	1.0006	1.0006	2588.43
90%	147.0	35339.40	12.40	79.34	754.45	2626.50	0.9992	1.0007	1.0007	2625.07
80%	132.1	32830.20	12.13	79.71	754.45	2715.29	0.9991	1.0007	1.0007	2714.00
70%	115.2	30063.60	11.44	82.59	754.55	2852.20	0.9989	1.0008	1.0006	2851.18
60%	98.2	26872.20	11.44	83.50	754.73	2991.23	0.9989	1.0008	1.0006	2990.14
MT	88.2	25117.20	10.94	85.50	754.81	3111.39	0.9988	1.0009	1.0006	3110.53

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM

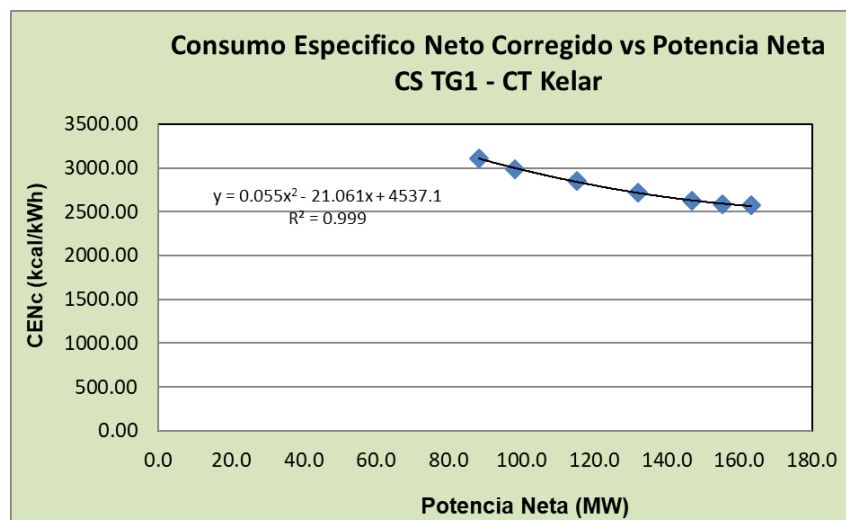
En la **Figura 10**, se muestra la curva de consumo de combustible vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 10**  
**Curva de Consumo de Combustible (kg/h) Vs Potencia Neta (MW)**



En la **Figura 11**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 11**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Superior (PCS)**



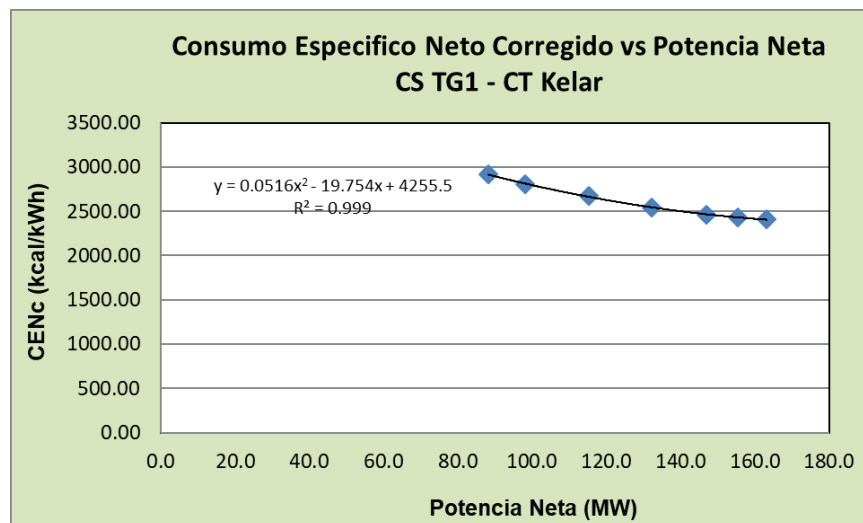
En la **Tabla 15**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para la unidad TG1 ciclo simple, utilizando el poder calorífico inferior (PCI).

**Tabla 15**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo simple unidad TG1**  
**operando con diésel oil con el Poder Calorífico Inferior (PCI)**

Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONES ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CS (°C)	Hx (%)	Pax CS (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kwh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>c</sub> (kcal/kwh)
100%	163.1	38390.40	13.04	76.80	755.00	2411.99	0.9994	1.0006	1.0006	2410.59
95%	155.3	36819.00	12.77	77.61	754.72	2429.19	0.9993	1.0006	1.0006	2427.82
90%	147.0	35339.40	12.40	79.34	754.45	2463.52	0.9992	1.0007	1.0007	2462.18
80%	132.1	32830.20	12.13	79.71	754.45	2546.81	0.9991	1.0007	1.0007	2545.60
70%	115.2	30063.60	11.44	82.59	754.55	2675.22	0.9989	1.0008	1.0006	2674.26
60%	98.2	26872.20	11.44	83.50	754.73	2805.63	0.9989	1.0008	1.0006	2804.60
MT	88.2	25117.20	10.94	85.50	754.81	2918.33	0.9988	1.0009	1.0006	2917.52

En la **Figura 12**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva, utilizando el poder calorífico inferior.

**Figura 12**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Inferior (PCI)**



## 7.5 Resultados de los Consumos Específicos Netos (CEN) de la unidad TG2 en ciclo simple

En la **Tabla 16**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para la unidad TG2 en ciclo simple, utilizando el poder calorífico superior (PCS).

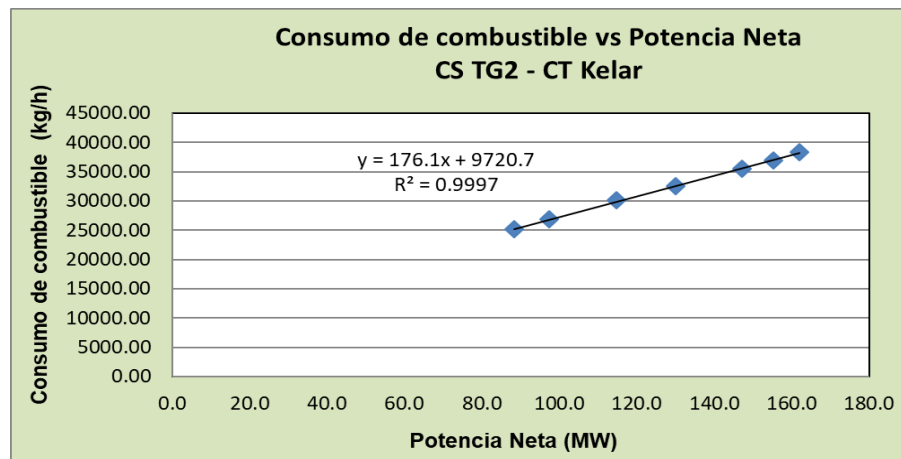
**Tabla 16**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo simple unidad TG2 operando con diésel oíl con el Poder Calorífico Superior (PCS)**

Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONE S ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CS (°C)	Hx (%)	Pax CS (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kWh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>c</sub> (kcal/kwh)
100%	162.0	38334.60	13.40	79.70	752.07	2584.91	0.9995	1.0007	1.0009	2581.98
95%	155.2	36977.40	13.38	80.11	752.40	2603.34	0.9995	1.0007	1.0009	2600.47
90%	147.2	35575.20	13.39	80.51	752.51	2640.32	0.9995	1.0007	1.0009	2637.41
80%	130.0	32601.60	13.34	81.46	752.53	2740.38	0.9995	1.0007	1.0009	2737.31
70%	114.8	30078.00	13.23	82.92	752.81	2863.31	0.9995	1.0008	1.0009	2860.15
55%	97.4	26856.00	13.20	83.50	753.38	3011.55	0.9995	1.0008	1.0008	3008.40
MT	88.3	25216.20	13.09	84.00	753.90	3121.60	0.9994	1.0008	1.0007	3118.58

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM

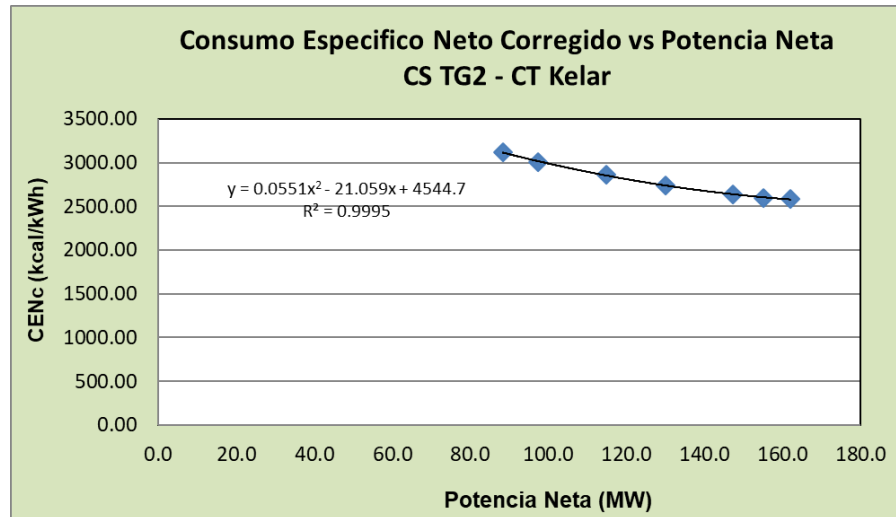
En la **Figura 13**, se muestra la curva de consumo de combustible vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 13**  
**Curva de Consumo de Combustible (kg/h) Vs Potencia Neta (MW)**



En la **Figura 17**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva.

**Figura 17**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Superior (PCS)**



En la **Tabla 17**, se muestra los resultados de los cálculos de los consumos específicos netos (CEN) medidos y corregidos, para las diferentes cargas, para la unidad TG2 ciclo simple, utilizando el poder calorífico inferior (PCI).

**Tabla 17**  
**Resultados del consumo específico neto (CEN) del ciclo simple unidad TG1**  
**operando con diésel oíl con el Poder Calorífico Inferior (PCI)**

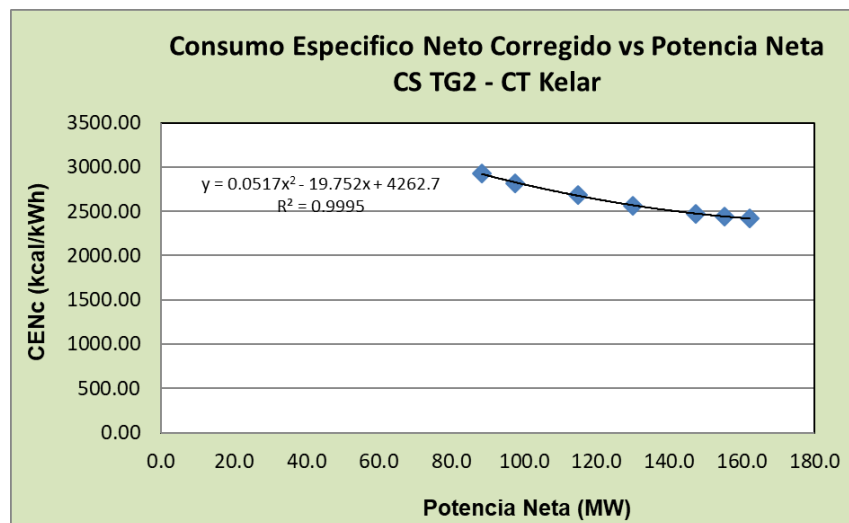
Carga	CONDICIONES DE ENSAYO						FACTORES DE CORRECCION			CONDICIONES ISO
	Px Neta (MW)	Flujo. De comb (kg/h)	Tx CS (°C)	Hx (%)	Pax CS (mmhg)	CEN <sub>M</sub> (kcal/kwh)	FC <sub>TA</sub>	FC <sub>HR</sub>	FC <sub>PA</sub>	CEN <sub>c</sub> (kcal/kwh)
100%	162.0	38334.60	13.40	79.70	752.07	2424.50	0.9995	1.0007	1.0009	2421.76
95%	155.2	36977.40	13.38	80.11	752.40	2441.79	0.9995	1.0007	1.0009	2439.11
90%	147.2	35575.20	13.39	80.51	752.51	2476.48	0.9995	1.0007	1.0009	2473.75
80%	130.0	32601.60	13.34	81.46	752.53	2570.33	0.9995	1.0007	1.0009	2567.45
70%	114.8	30078.00	13.23	82.92	752.81	2685.63	0.9995	1.0008	1.0009	2682.67
55%	97.4	26856.00	13.20	83.50	753.38	2824.67	0.9995	1.0008	1.0008	2821.72
MT	88.3	25216.20	13.09	84.00	753.90	2927.89	0.9994	1.0008	1.0007	2925.06

ISO: 15 °C, 60 % HR, 1 ATM



En la **Figura 18**, se muestra la curva de consumo específico neto corregido vs la potencia neta, así como la ecuación polinómica que representa dicha curva, utilizando el poder calorífico inferior.

**Figura 18**  
**Curva de Consumo Específico Neto Corregido Vs Potencia Neta (MW)**  
**Poder Calorífico Inferior (PCI)**



Elaborado por: Ing. José Aguilar Bardales



# ANEXOS

# **ANEXO 1**

## **ACTAS DE ENSAYO**

# **ANEXO 2**

## **VALIDACIÓN DE DATOS DE ENSAYO**

# **ANEXO 3**

## **ANALISIS DE COMBUSTIBLE**

# **ANEXO 4**

## **CURVAS DE CORRECCION**

# **ANEXO 5**

## **CERTIFICADO DE CALIBRACION**

# **ANEXO 6**

## **ESQUEMA DE MEDICIONES**