



Mejillones, 26 de mayo de 2022

**TIPO:** Declaración al CEN  
**AUTOR:** Jaime Gutiérrez Mosqueira  
**REVISADO:** Marco Velarde – Carlos Lastra  
**ÁREA:** Gerencia Corporativa de Generación

**Actualización del Mínimo Técnico de la Unidad CTM1**

## Índice

<b>1. Introducción</b>	4
<b>2. Resumen Prueba</b>	5
<b>3. Entrega de Información</b>	4
3.1 Descripción de los componentes principales	4
<b>4. Programación de la prueba MT</b>	5
<b>5. Resultados de la prueba</b>	6
5.1 Grafica de variable de carga con indicios de inestabilidad en 45 MW	6
5.2 Flujo de agua alimentación caldera (Peak to valley: 10%mx)	7
5.3 Flujo aire combustión (Peak to valley: 5%)	7
5.4 Presión y Temperatura Desgasificador	8
5.5 Emisiones en chimenea NOX, SO2 y MP	8
<b>6. Conclusión</b>	9

## 1. Introducción

En respuesta al requerimiento del Coordinador Eléctrico Nacional manifestado en su carta **DE 00708-22** "Optimización de parámetros técnicos de unidades generadoras CTM1 y CTM2", el 18/03/2022 se realizó una prueba operacional consistente en reducir la potencia activa en intervalos de 5 MW partiendo desde el Mínimo Técnico (MT) actualmente vigente de 60 MW con el objetivo de evaluar la factibilidad técnica de reducir dicho parámetro, operando en todo momento con carbón, de manera estable, permanente, segura y cumpliendo con las especificaciones técnicas del fabricante, con los criterios de estabilidad de la norma ASME y con la Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas (DS 13).

## 2. Resumen prueba

Estando la unidad en 60 MW (MT actual), se baja carga a 55 MW con 2 molinos en servicio y con el CPF desactivado. En este nivel de carga no se observa ninguna inestabilidad en los parámetros críticos de la unidad (ver **Tabla 1**), lo mismo ocurre en 50 MW, sin embargo, al alcanzar los 45 MW se observa inestabilidad en la potencia bruta y en el flujo de agua de alimentación e indicios de inestabilidad en el flujo de aire de combustión. Al mismo tiempo, se observa que la presión en el desgasificador es menor a la mínima necesaria para mantener el agua en estado líquido.

**Se concluye que el nuevo MT propuesto para la CTM1 es de 50 MW sin CPF activado y de 55 MW con el CPF activado según el aporte declarado al Coordinador**

**Tabla 1** Parámetros monitoreados durante prueba MT 18-03-2022

		Bien	Alerta	Precaución
ITEM	Estabilidad CTM1	55 MW, 2 molinos, en control coordinado sin CPF	50 MW, 2 molinos, en control coordinado sin CPF	45 MW, 2 molinos, en control coordinado sin CPF
1	Potencia bruta (Peak to valley: 3 MW)	1,5 MW	0,5 MW	2,5 MW. Oscilación en válvulas de TV de media
2	Presión de vapor principal (Peak to valley: 4% max)	Excelente	(0,22%) Excelente	Excelente
3	Flujo de agua de alimentación (Peak to valley: 10% max)	5,6% => Bien	9.10%	20 %. Oscilación válvula atemperación RH frío
4	O2 saliendo por la cladera (1% máximo)	Excelente	0,1% => Excelente	Perfecto
5	T° C de vapor principal (Peak to valley: 11°C max)	< 1°C	< 1°C	~ 0% Excelente
6	T° C de vapor recalentado caliente (Peak to valley: 11°C max)	< 1°C	1°C => Excelente	~ 1°C Excelente
7	Delta T°C Vapor Ppal - Rec Caliente ( ~ 30°C)	Dif: 11°C	Dif: 20°C	Dif: 36°C
8	Flujo de aire de combustión (Peak to valley: 5% max)	2%	4%	Estable, con indicios de inestabilidad
9	Estabilidad de molino (Peak to valley: 20% en amperes)	6,90%	7,48%	8,82% de variabilidad
10	Flujo de carbón (Peak to valley: 10% max)	Excelente	0,80%	Variabilidad imperceptible
11	Estabilidad de llama (Según NFPA 85)	Excelente (Avg 97%)	Excelente (Avg 97%)	Promedio de ~90% (Desde 63% Qem A2 a 95%)
12	Emisiones de NOx (< 500 mg/Nm3)	438	381	381
13	Emisiones de SO2 (< 400 mg/Nm3)	368	162	162
14	Emisiones de MP (< 50 mg/Nm3)	8	11	11
15	Expansión diferencial turbina dentro de límite	50% de Lim Sup Alarm	50% de Lim Sup Alarm	50% de Lim Sup Alarm
16	Vibración de la turbina dentro de límites	Max al 50% de alarma	Estamos al 50% de alarma	Estamos al 50% de alarma
17	T° descanso de empuje turbina dentro de límite	75°C (Alarm 90°C)	75°C (Alarm 90°C)	75°C (Alarm 90°C)
18	T° gases salida calentador de aire > al mínimo	141°C (80°C se tiene cond)	139°C (80°C se tiene cond)	142°C (80°C se tiene cond)
19	Vacío en el condensador (< al máximo)	- 0,96 bar (Alarm:-0,5 bar)	- 0,96 bar (Alarm:-0,5 bar)	- 0,96 bar (Alarm:-0,5 bar)
20	Límite inferior de la válvula de control de agua de alimentación	35,9% (El mínimo es 0%)	35,5% (El mínimo es 0%)	34,4% (El mínimo es 0%)
21	Margen adecuado para atemperación vapor principal	25,1 t/h (Max 70 t/h)	22,9 t/h (Max 70 t/h)	18,3 t/h (Max 70 t/h)
22	Margen adecuado para atemperación recalentado caliente	8,3 t/h (Max: 32 t/h)	8,0 t/h (Max: 32 t/h)	8,0 t/h (Max: 32 t/h)
23	Revisión de estabilidad - damper VTI & Corriente VTI	Estable / Estable	Apertura estable - 37% / 9% dif max-min	Estable - 35% / Variación imperceptible
24	Revisión de estabilidad - damper VTF & Corriente	Estable / Estable	Apertura estable - 24% / 1% dif max-min	Apertura estable - 21% / Variación imperceptible
25	T° de los tubos de caldera < al máximo	Ninguna alarma activada	Ninguna alarma activada	Ninguna alarma activada
26	P de saturación del desgasificador (Agua permanece en estado liq)	119°C Psat = 0,91 barG; Se tiene 0,98 barG	116°C Psat = 0,73 barG; Se tiene 0,78 barG	111,2°C Psat = 0,48 barG; Se tiene 0,45 barG ahora

El valor propuesto para el nuevo MT (50MW) fue posible alcanzarlo gracias a distintas mejoras realizadas en la unidad, como ser:

- Optimización en el ajuste de los quemadores de carbón y en la posición de los difusores,
- Ajustes en los molinos asociados al flujo de aire primario y a la temperatura interna de operación,
- Mejoras y optimización en los detectores de llama de la caldera,
- Normalización de sopladores fuera de servicio.

De esta manera se logró mejorar la estabilidad de llama de cada quemador y la transferencia de calor hacia el interior de los tubos de caldera, permitiendo bajar la potencia activa de la unidad a valores menores a 60 MW, cumpliendo con la Norma de emisión que aplica.

### 3. Entrega de información

La información mencionada a continuación corresponde a valores entregados por el fabricante con respecto a la descripción de los componentes principales (**Tabla 2**) y los valores obtenidos en la prueba de MT de CTM1 que se obtuvieron desde DCS Siemens T3000 (**Punto 4.0**).

#### 3.1. Descripción de los componentes principales

En la **Tabla 2** se muestran los equipos principales, con su descripción y datos técnicos de la unidad CTM1, asociados a los valores que se tomarán como referencia para las pruebas:

**Tabla 2**

Equipos	Fabricante	Descripción	Datos técnicos	Otros
Caldera	Babcock Wilcox Española S.A.	Radiante con circulación natural. 12 quemadores bajo NOx en pared trasera.	Fecha fabr: 1994 453 Ton/hr 147 bar 538°C Eff=87%	Carbón bituminoso y Sub-bituminoso
Turbina	Skoda Checoslovaquia con tecnología ABB-Siemens	Tipo Impulso, Tandem Compound con recalentamiento y tres cuerpos. 140 bar y 535°C a la entrada AP. (435 T/h)	Fecha fabr: 1994 150 MW nominales 176,47 MVA 3000 rpm	Heat Rate de diseño para 150 MW bruto 7.909,7 kJ/kWh brutos
Generador	Skoda Checoslovaquia	1 HY 644872/2HH Refrigerado por hidrógeno. Eje horizontal acoplado directamente a la turbina	N° 051813 176,5 MVA nominales 3000 rpm 13,8 kV 50 Hz fp 0,85 7383 A	
Condensador	Skoda Checoslovaquia	Tipo:D21-7000-M Superficie de intercambio compuesta por 14.340 tubos de titanio de 7000 m2.	15000 m3/h agua de mar	Refrigerado por agua de mar.
Molinos	Babcock Wilcox	4 Pulverizadores tipo MPS-67 con alimentadores gravimétricos	25 ton/h	4 silos de carbón con capacidad de 250 ton
Transformador	ABB Trafonor	Tipo Trifásico con conexión YND	176 MVA 13,8/225 kV OA-FA	

**Tabla 1: Descripción de componentes principales**

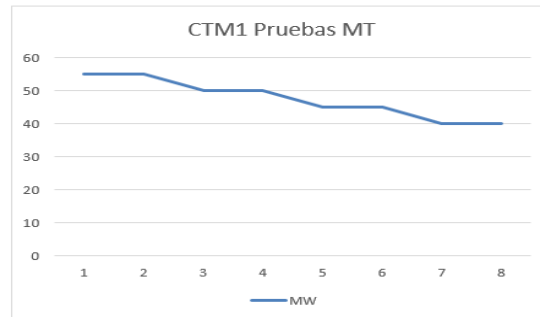
#### 4. Programación de la prueba MT

La prueba se programa y ejecuta el 18/03/2022, a través de SI N° 22700.

Esta contempla los siguientes niveles de carga y horas para cada escalón (tiempo total de la prueba 8 horas), según cronograma enviado al CEN:

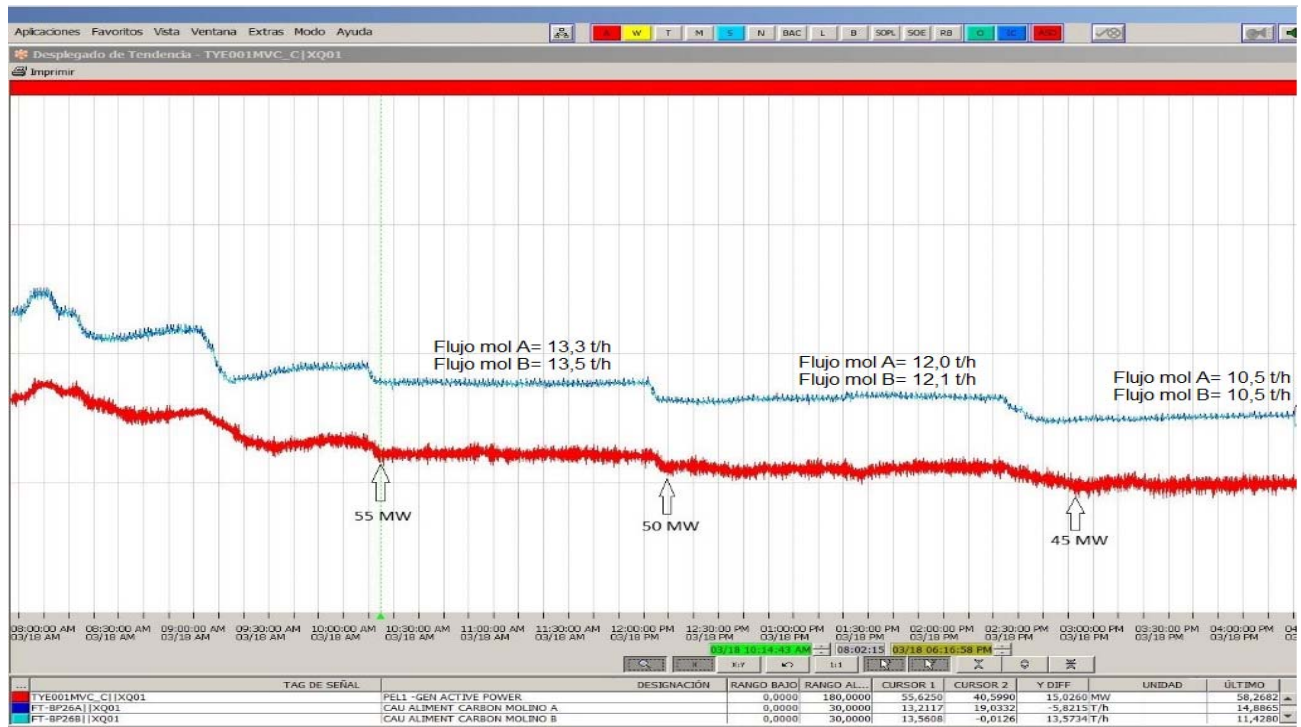
**Tabla 3**

Tiempo (horas)	CARGA(MW)	OBS.
1	55	2 molinos sin ignitores
2	55	2 molinos sin ignitores
3	50	2 molinos sin ignitores
4	50	2 molinos sin ignitores
5	45	2 molinos sin ignitores
6	45	2 molinos sin ignitores
7	40	1 molino sin ignitores
8	40	1 molino sin ignitores



Para la ejecución de la prueba, la unidad operó en control coordinado sin el CPF activado. En los escalones de carga de 55 MW, 50 MW y 45 MW se mantuvieron en servicio 2 molinos. En **Gráfica 1** obtenida desde el DCS T3000 podemos apreciar lo indicado en este apartado.

**Gráfica 1**



## 5. Resultados de la prueba

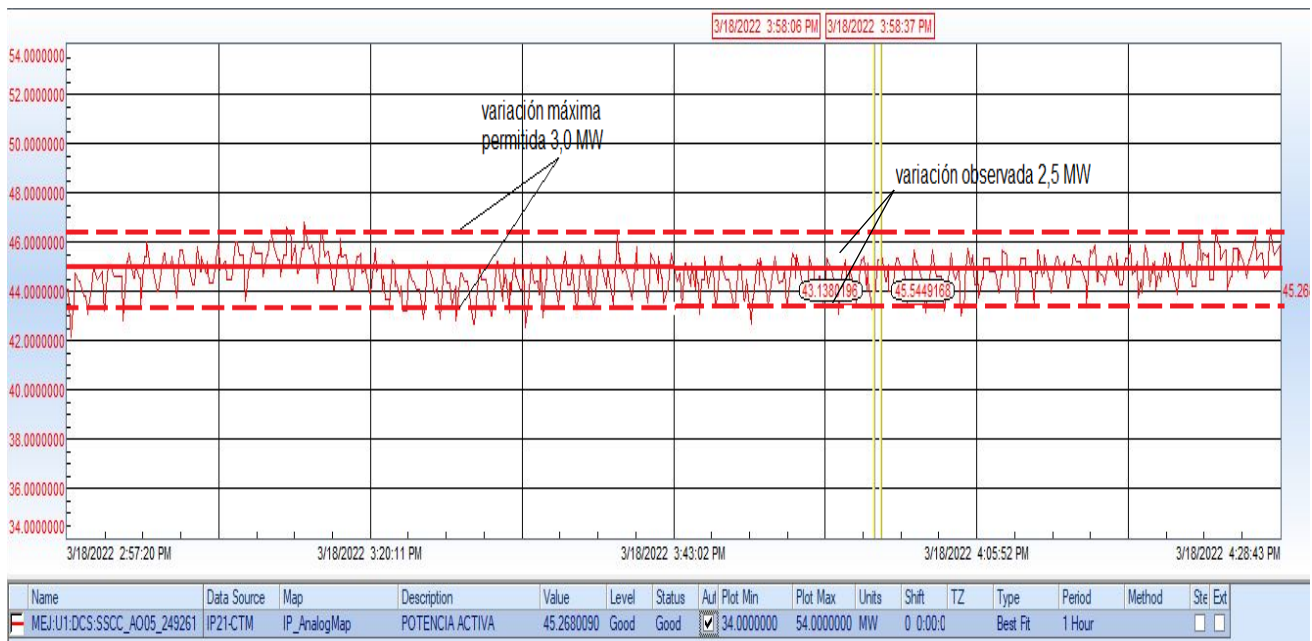
Las variables de proceso evaluadas y analizadas durante la prueba a distintos niveles de carga se indican en la **Tabla 1**, las cuales fueron definidas en función a los criterios de estabilidad de la norma ASME, donde se puede apreciar que en los 2 primeros escalones de carga 55 MW y 50 MW estas se mantuvieron estables sin mayor variación y dentro del rango normal de operación. Sin embargo, a una potencia de 45 MW se aprecia que algunas variables de proceso presentaron inestabilidad. La **Tabla 1** nos permite apreciar de mejor manera en qué escalón de carga < 60 MW podemos operar de forma continua, segura y estable.

A continuación, se presentan las tendencias obtenidas desde el DCS T3000 de la unidad, las cuales corresponden a las variables de proceso que presentaron inestabilidad a 45 MW (**Tabla 1**).

### 5.1. Inestabilidad a una potencia bruta activa de 45 MW

En la siguiente gráfica se observan indicios de inestabilidad con oscilación de 2,5 MW aproximadamente operando a 45 MW brutos. Sin embargo, se encuentra dentro del límite de estabilidad "Peak to valley" de 3 MW.

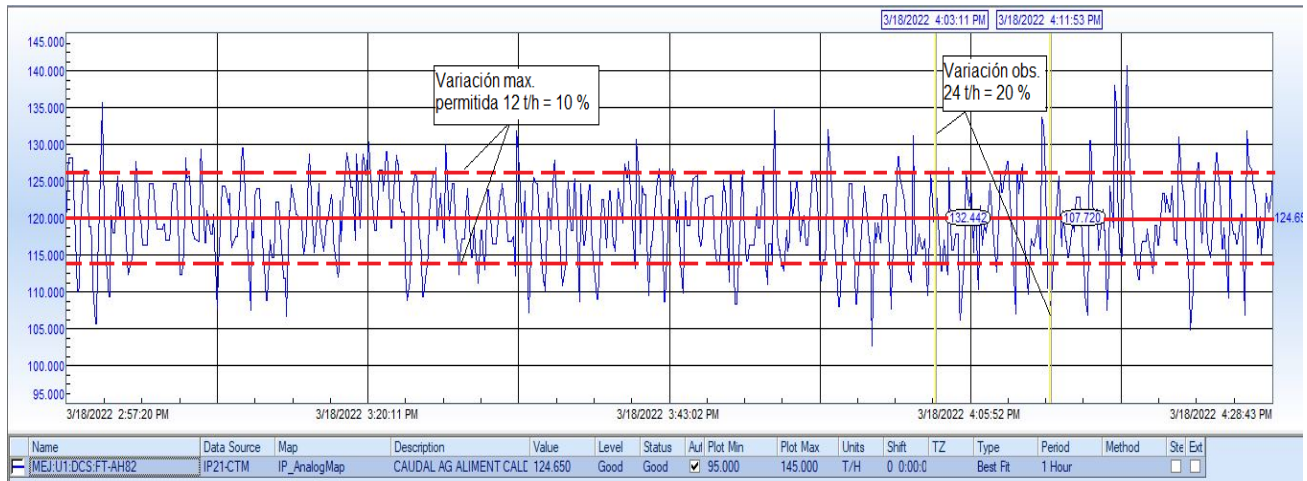
**Gráfica 2**



### 5.2. Flujo de agua alimentación caldera (Peak to valley: 10% max)

En la **Grafica 3**, estando la unidad en 45 MW podemos apreciar que el flujo de agua de alimentación caldera (Curva azul) presenta fluctuaciones que superan el criterio de estabilidad (10%) con variaciones Peak to Valley del 20 % o más en algunos instantes de la prueba:

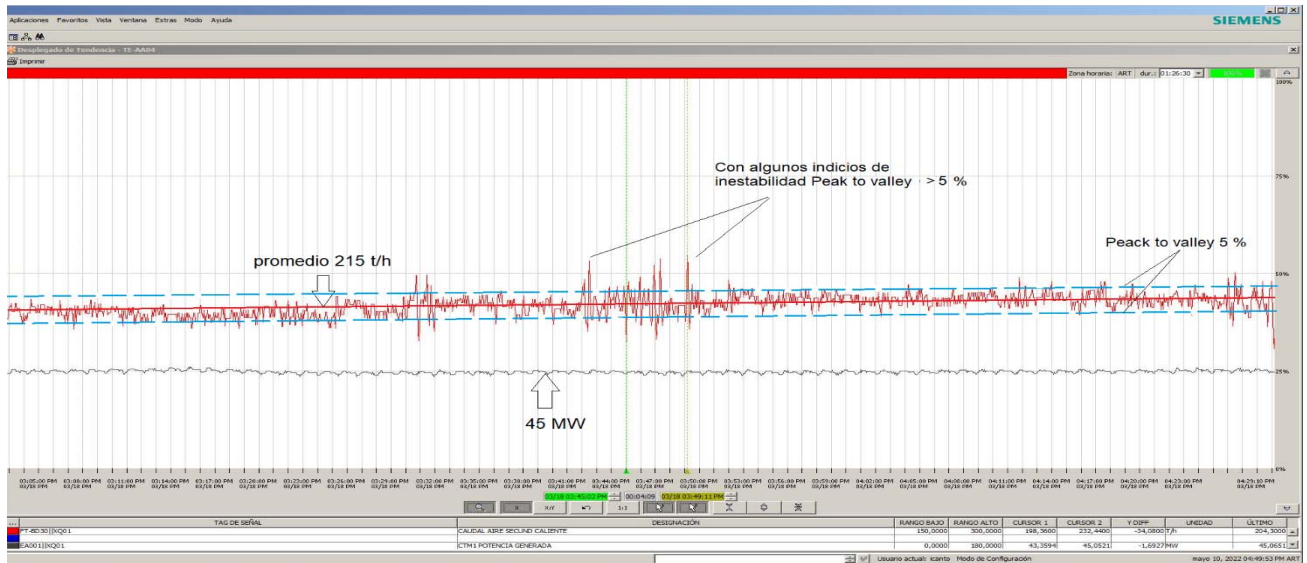
**Grafica 3** Flujo agua alimentación con 45 MW.



### 5.3. Flujo de aire combustión (Peak to valley: 5 %)

En la **Gráfica 4**, operando a 45 MW, se observa el comportamiento del flujo de aire de combustión (curva roja) la que se encuentra dentro del rango estable pero con indicios de inestabilidad que superan el rango estable de 5% entre Peak to Valley graficado con líneas punteadas azules.

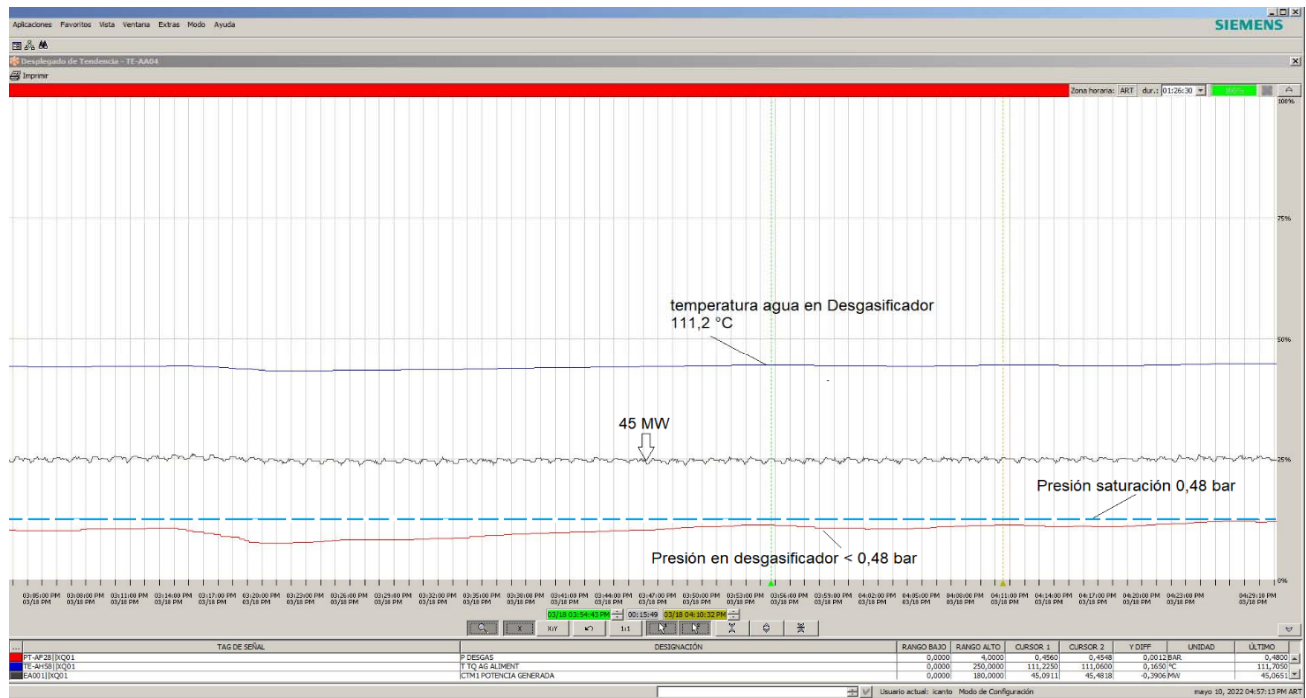
**Gráfica 4**



### 5.4. Presión y Temperatura Desgasificador.

En la **Gráfica 5** se aprecia que en el escalón de 45 MW la presión del Desgasificador (0,45 bar) es menor que la presión de saturación (0,48 bar) para una temperatura de 111,2 °C lo cual no es deseable dado que el agua se debe mantener en estado líquido.

**Gráfica 5**



### 5.5. Emisiones en chimenea NOX, SO2 y MP

En **Tabla 1** de este informe, se indica para los distintos niveles de carga, los valores obtenidos de las emisiones en Chimenea NOX, SO2 y PM, donde se puede apreciar que estas variables estuvieron dentro los límites que indica la norma medio ambiental que rige para unidades carboneras.

		Bien	Alerta	Precaución
ITEM	Estabilidad CTM1	55 MW, 2 molinos, en control coordinado sin CPF	50 MW, 2 molinos, en control coordinado sin CPF	45 MW, 2 molinos, en control coordinado sin CPF
12	Emisiones de NOx (< 500 mg/Nm3)	438	381	381
13	Emisiones de SO2(< 400 mg/Nm3)	368	162	162
14	Emisiones de MP (< 50 mg/Nm3)	8	11	11



## 6. Conclusión

Desde el punto de vista turbina y caldera, las variables de proceso analizadas de acuerdo a los márgenes en los cuales estas operaron, se demuestra que la unidad opera de manera estable a 55 MW y a 50 MW, sin embargo, para la carga de 45 MW se observó inestabilidad en las siguientes variables de proceso:

- **Potencia Bruta:** A 45 MW se observa indicios de inestabilidad por variaciones de 2,5 MW respecto a la carga asignada, esto debido a oscilación de las válvulas control turbina MP.
- **Flujo de Agua de Alimentación:** A 45 MW se evidencia inestabilidad superando el límite de estabilidad Peak to valley de 10%, alcanzando variaciones de flujo de 20%.
- **Presión de saturación Desgasificador:** A 45 MW, la presión del Desgasificador (0,45 bar) se encuentra bajo la presión de saturación (0,48 bar) para una temperatura de 111,2 °C. Esto implica que se está en el umbral de la evaporación del agua, impidiendo que la unidad opere a estos niveles de carga de forma continua, estable y permanente.

***De acuerdo a lo observado, analizado e indicado en este informe, se establece que la unidad puede operar de forma segura, estable y permanente a una potencia mínima de 50 MW, sin CPF activado. Se establece que el MT con CPF activado debiera ser igual a 55 MW según el aporte declarado previamente.***