

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL SE ENTREGA ÚNICAMENTE AL DESTINATARIO CON EL OBJETIVO QUE SE ESPECIFICA EN LA CARTA DE ACOMPAÑAMIENTO. QUEDA PROHIBIDA SU TRANSMISIÓN Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN PERMISO ESCRITO DE TECNATOM.

## INFORME TÉCNICO

# PRUEBAS CEN EN CENTRAL TARAPACÁ GRUPO TÉRMICO DE VAPOR. COMBUSTIBLE: CARBÓN

**CLAVE: IN-TECNES-15-172    REV.: 1    Nº Páginas: 27**

Realizado:	Mariano Martín	Firma: 	Fecha: 19-02-2016
Revisado:	Iván Juan	Firma: 	Fecha: 19-02-2016
Aprobado:	Javier González	Firma: 	Fecha: 19-02-2016
Revisado CAL:		Firma:	Fecha:

## **MOTIVO DE REVISIÓN DEL DOCUMENTO**

### **Revisión 0 (04/02/2016):**

- Edición inicial del documento

### **Revisión 1 (19/02/2016):**

- Informe definitivo.
- Se incorporan los datos del análisis de carbón, escorias y cenizas.

## ÍNDICE

	<u>Página</u>
1 RESUMEN EJECUTIVO .....	5
2 DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA PRUEBA.....	7
2.1 P1TVS0. TURBINA VAPOR SIN CARGA.....	8
2.2 P1TVS1. TURBINA VAPOR A 50%.....	9
2.3 P1TVS2. TURBINA VAPOR A MÍNIMA CARGA.....	10
2.4 P1TVS3. TURBINA VAPOR A 70%.....	11
2.5 P1TVS4. TURBINA VAPOR A 80%.....	12
2.6 P1TVS5. TURBINA VAPOR A 90% (MÁXIMA CARGA).....	13
3 DATOS REGISTRADOS .....	14
3.1 REGISTRO AUTOMÁTICO DE DATOS CON SOLCEP .....	14
3.2 REGISTRO DE MEDIDAS DE POTENCIA Y CONTADORES DE ENERGÍA.....	14
3.3 REGISTRO DE CONSUMO DE PLANTA DE AGUA Y EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS.....	14
3.4 REGISTRO DE MEDIDAS AMBIENTALES .....	14
3.5 ANÁLISIS DE CARBÓN Y CENIZAS.....	15
3.5.1 CARBÓN .....	15
3.5.2 CENIZAS.....	15
4 MEMORIA DE CÁLCULO .....	16
4.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA NETA CEN.....	16
4.2 FACTORES DE CORRECCIÓN .....	17
5 INCERTIDUMBRES.....	19
6 REFERENCIAS .....	20
ANEXO I. EVALUACIÓN DE LA PRUEBA.....	21
ANEXO II. CURVAS DE CORRECCIÓN DE LA CENTRAL TARAPACA PARA EL GRUPO TÉRMICO DE VAPOR .....	22

ANEXO III. CERTIFICADOS INSTRUMENTACIÓN.....	23
ANEXO IV. REGISTRO DE CONTADORES DE ENERGÍA AUXILIAR .....	24
ANEXO V. RESULTADOS EVALUACIÓN CEN .....	25
ANEXO VI. EVALUACIÓN INCERTIDUMBRE CEN.....	26
ANEXO VII. ANÁLISIS CARBÓN, ESCORIAS Y CENIZAS.....	27

## 1 RESUMEN EJECUTIVO

Prueba CEN del Grupo Térmico de Vapor de Central Tarapacá con combustible Carbón, realizada los días 17-12-2015, 26-01-2016 y 27-01-2016 para dar cumplimiento al procedimiento de "Información de Consumos Específicos" de la Dirección de Operaciones del CDEC-SING.

Identificación de la prueba: P1TV.

Se ha seguido el protocolo y programa de la prueba descritos en los informes correspondientes, referencias /1/ y /2/.

Las siguientes tablas recogen el resumen de resultados de Consumo específico medido en la prueba y corregido a condiciones de SITIO para la turbina ensayada: CTTAR.

El valor de consumo de Carbón en la prueba de 0 carga y del CEN Normalizado corresponden a un Carbón de PCS=6000 kcal/kg.

VALORES DE LA PRUEBA									
ID	CARGA	FECHA	HORA		P.BRUTA [MW]	P.NETA [MW]	CEN pcs [kcal/kWh]	CEN. Norm. [kg/kWh]	Incertidumbre [%]
			INICIO	FIN					
P1TVS0	0							11136 (*)	
P1TVS1	50%	17-12-2015	10:15	12:15	80.63	71.34	2725.38	0.4542298	2.30
P1TVS2	MIN	27-01-2016	09:45	11:45	101.17	89.22	2592.57	0.4320951	1.91
P1TVS3	70%	27-01-2016	13:00	15:00	111.83	99.55	2530.84	0.4218063	1.71
P1TVS4	80%	26-01-2016	11:30	13:30	127.51	115.92	2505.62	0.4176036	2.15
P1TVS5	90%	26-01-2016	15:30	17:30	142.33	128.57	2504.07	0.4173454	4.71

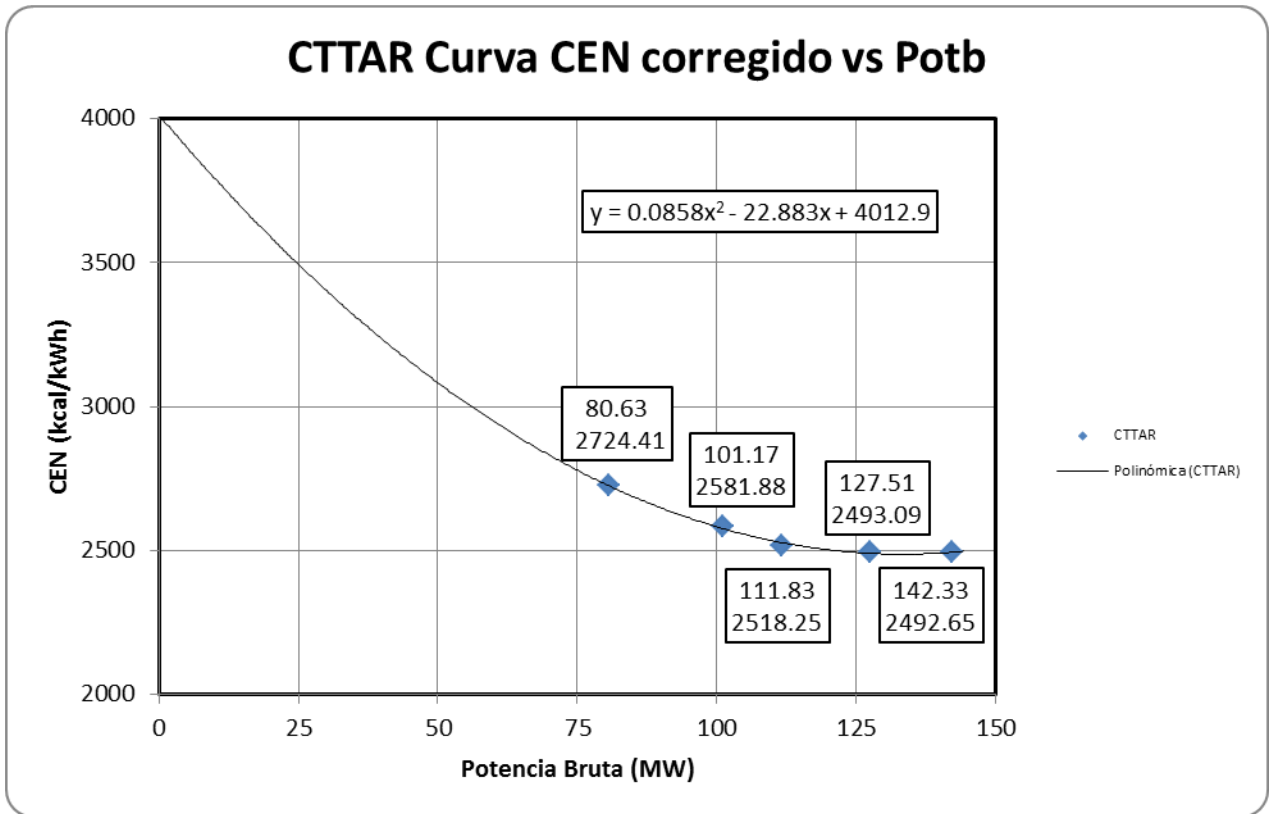
\* Consumo Normalizado Carbón en kg/h

VALORES CORREGIDOS A CONDICIÓN SITIO									
ID	CARGA	FECHA	HORA		P.BRUTA [MW](**)	P.NETA [MW]	CEN pcs [kcal/kWh]	CEN. Norm. [kg/kWh]	Incertidumbre [%]
			INICIO	FIN					
P1TVS0	0							11136 (*)	
P1TVS1	50%	17-12-2015	10:15	12:15	80.63	71.13	2724.41	0.4540690	2.39
P1TVS2	MIN	27-01-2016	09:45	11:45	101.17	88.89	2581.88	0.4303139	1.97
P1TVS3	70%	27-01-2016	13:00	15:00	111.83	99.15	2518.25	0.4197085	1.76
P1TVS4	80%	26-01-2016	11:30	13:30	127.51	115.38	2493.09	0.4155144	2.18
P1TVS5	90%	26-01-2016	15:30	17:30	142.33	127.90	2492.65	0.4154419	4.75

\* Consumo Carbón Normalizado en kg/h

\*\* La P.BRUTA es el valor medido, sin corrección

En el siguiente gráfico se representa el CEN corregido en función de la carga.



## 2 DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA PRUEBA

La prueba se ha realizado durante los días 17-12-2015, 26-01-2016 y 27-01-2016. El detalle de la cronología de eventos de la prueba puede consultarse en las actas de la prueba ref. /3/, /4/ y /5/.

La carga máxima alcanzada ha sido de 142.3 MW, valor del 90% (142.2 MW) por tanto no llegaron a realizarse los escalones del 95% y el 100%. Esta carga máxima no pudo superarse por limitaciones en la capacidad de las bombas de agua de alimentación.

A continuación se recoge una tabla resumen para cada escalón de la prueba. Esta tabla se extrae de los resultados de los informes "PruebaCEN\_CT" de **SOLCEP**, con un tratamiento en un libro Excel que se adjuntará a la memoria final de las pruebas. En el ANEXO V, se puede consultar el cálculo completo de cada uno de los escalones.

## 2.1 P1TVS0. TURBINA VAPOR SIN CARGA.

Fecha inicio	Fecha Final	Tiempo	MrCMol	MrGo	PCSpC	PCSGo	PCpcs	MrC_norm	Turvel	Potb
-	-	-	kg/h	kg/h	kJ/kg	kJ/kg	kcal/h	kg/h	rpm	MW
10/12/2015 1:54	10/12/2015 2:26	0:32:00	9472	1275	26361	45600	7.352E+07	12254	2986	0
01/12/2015 5:46	01/12/2015 6:00	0:14:00	10825	1234	26361	45600	8.160E+07	13599	2982	0
15/11/2015 0:26	15/11/2015 0:38	0:12:00	7773	1264	26361	45600	6.271E+07	10451	3002	0
05/11/2015 21:32	05/11/2015 21:36	0:04:00	6282	1525	26338	45600	5.613E+07	9356	2984	0
01/11/2015 5:04	01/11/2015 5:28	0:24:00	6845	1338	26338	45600	5.764E+07	9606	3008	0
31/10/2015 0:08	31/10/2015 1:06	0:58:00	5600	1365	26338	45600	5.010E+07	8349	2988	0
24/10/2015 13:00	24/10/2015 13:10	0:10:00	6434	1230	26338	45600	5.387E+07	8978	2986	0
04/10/2015 18:20	04/10/2015 18:32	0:12:00	13013	1709	26338	45600	1.005E+08	16745	3018	0
07/09/2015 6:54	07/09/2015 7:04	0:10:00	7204	1671	26258	45600	6.338E+07	10563	2993	0
22/08/2015 9:40	22/08/2015 9:54	0:14:00	8870	1232	26100	45600	6.872E+07	11453	3004	0
<b>Valor medio</b>								<b>11136</b>		

Los valores de consumo de combustible a carga cero, han sido obtenidos del análisis de datos históricos de un conjunto de diez arranques en los meses de agosto a diciembre de 2015. La columna MrC\_norm contiene los valores de consumo de carbón normalizado a un PCS de 6000 kcal/kg. El último valor de la fila contiene la media aritmética de todos los valores.

MrCMol y MrGo son respectivamente los consumos de carbón y diésel, cuyo poder calorífico se encuentra en las columnas adyacentes.

PCpcs representa el consumo calórico total en kcal/h.

En la Tabla se observa la gran variabilidad del consumo de combustible sin carga entre los distintos arranques, por lo que se recomienda escoger el valor máximo en vez del medio para realizar estimaciones conservadoras.



## 2.2 P1TVS1. TURBINA VAPOR A 50%.

<b>CENTRAL TARAPACA</b>			
<b>PRUEBAS CEN 2015.</b>	<b>P1TVS1</b>	<b>INICIO</b>	<b>17/12/2015 10:15</b>
<b>GRUPO: TV</b>		<b>FIN</b>	<b>17/12/2015 12:15</b>
<b>Combustible CARBÓN.</b>			
<b>Prueba 50%</b>			
<b>MEDIDAS DE POTENCIA[MW]</b>			
	CTTAR		
Potencia Bruta	80.63		
Potencia TP 220	75.87		
Potencia TA 220	7.80		
Potencia Ventas	3.04		
Potencia Neta Planta	71.11		
Aux no imputados (Edif+PTA)	0.23		
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>			
			PCS[kJ/kg]
Caudal Carbón [t/h]	30.97177		26263.80
<b>RESULTADOS</b>			
	CTTAR	CORR. SITIO	UNIDADES
Potencia NETA CEN	71.34	71.13	MW
Combustible normalizado	32380.99	32380.99	kg/h
CEN (sPCI)	2607.89	2606.97	kcal/kWh
CEN (sPCS)	2725.38	2724.41	kcal/kWh
CEN Normalizado	0.4542298	0.4540690	kg/kWh

### 2.3 P1TVS2. TURBINA VAPOR A MÍNIMA CARGA.

<b>CENTRAL TARAPACA</b>			
<b>PRUEBAS CEN 2015.</b>	<b>P1TVS2</b>	<b>INICIO</b>	<b>27/01/2016 9:45</b>
<b>GRUPO: TV</b>		<b>FIN</b>	<b>27/01/2016 11:45</b>
<b>Combustible CARBÓN.</b>			
<b>Prueba MÍNIMA CARGA</b>			
<b>MEDIDAS DE POTENCIA[MW]</b>			
	CTTAR		
Potencia Bruta	101.17		
Potencia TP 220	93.92		
Potencia TA 220	7.66		
Potencia Ventas	2.90		
Potencia Neta Planta	89.17		
Aux no imputados (Edif+PTA)	0.05		
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>			
			PCS[kJ/kg]
Caudal Carbón [t/h]	36.76985		26318.22
<b>RESULTADOS</b>			
	CTTAR	CORR. SITIO	UNIDADES
Potencia NETA CEN	89.22	88.89	MW
Combustible normalizado	38522.54	38522.54	kg/h
CEN (sPCI)	2475.76	2465.56	kcal/kWh
CEN (sPCS)	2592.57	2581.88	kcal/kWh
CEN Normalizado	0.4320951	0.4303139	kg/kWh

## 2.4 P1TVS3. TURBINA VAPOR A 70%.

<b>CENTRAL TARAPACA</b>			
<b>PRUEBAS CEN 2015.</b>	<b>P1TVS3</b>	<b>INICIO</b>	<b>27/01/2016 13:00</b>
<b>GRUPO: TV</b>		<b>FIN</b>	<b>27/01/2016 15:00</b>
<b>Combustible CARBÓN.</b>			
<b>Prueba 70%</b>			
<b>MEDIDAS DE POTENCIA[MW]</b>			
	CTTAR		
Potencia Bruta	111.83		
Potencia TP 220	104.20		
Potencia TA 220	7.50		
Potencia Ventas	2.71		
Potencia Neta Planta	99.41		
Aux no imputados (Edif+PTA)	0.15		
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>			
			PCS[kJ/kg]
Caudal Carbón [t/h]	40.05082		26318.22
<b>RESULTADOS</b>			
	CTTAR	CORR. SITIO	UNIDADES
Potencia NETA CEN	99.55	99.15	MW
Combustible normalizado	41959.90	41959.90	kg/h
CEN (sPCI)	2416.81	2404.79	kcal/kWh
CEN (sPCS)	2530.84	2518.25	kcal/kWh
CEN Normalizado	0.4218063	0.4197085	kg/kWh

## 2.5 P1TVS4. TURBINA VAPOR A 80%.

<b>CENTRAL TARAPACA</b>			
<b>PRUEBAS CEN 2015.</b>	<b>P1TVS4</b>	<b>INICIO</b>	<b>26/01/2016 11:30</b>
<b>GRUPO: TV</b>		<b>FIN</b>	<b>26/01/2016 13:30</b>
<b>Combustible CARBÓN.</b>			
<b>Prueba 80%</b>			
<b>MEDIDAS DE POTENCIA[MW]</b>			
	CTAR		
Potencia Bruta	127.51		
Potencia TP 220	120.80		
Potencia TA 220	7.53		
Potencia Ventas	2.48		
Potencia Neta Planta	115.74		
Aux no imputados (Edif+PTA)	0.17		
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>			
			PCS[kJ/kg]
Caudal Carbón [t/h]	46.16838		26318.22
<b>RESULTADOS</b>			
	CTAR	CORR. SITIO	UNIDADES
Potencia NETA CEN	115.92	115.38	MW
Combustible normalizado	48369.06	48369.06	kg/h
CEN (sPCI)	2392.73	2380.76	kcal/kWh
CEN (sPCS)	2505.62	2493.09	kcal/kWh
CEN Normalizado	0.4176036	0.4155144	kg/kWh

## 2.6 P1TVS5. TURBINA VAPOR A 90% (MÁXIMA CARGA).

<b>CENTRAL TARAPACA</b>			
<b>PRUEBAS CEN 2015.</b>	<b>P1TVS5</b>	<b>INICIO</b>	<b>26/01/2016 15:30</b>
<b>GRUPO: TV</b>		<b>FIN</b>	<b>26/01/2016 17:30</b>
<b>Combustible CARBÓN.</b>			
<b>Prueba MÁXIMA CARGA</b>			
<b>MEDIDAS DE POTENCIA[MW]</b>			
	CTTAR		
Potencia Bruta	142.33		
Potencia TP 220	133.92		
Potencia TA 220	8.32		
Potencia Ventas	2.82		
Potencia Neta Planta	128.42		
Aux no imputados (Edif+PTA)	0.15		
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>			
			PCS[kJ/kg]
Caudal Carbón [t/h]	51.17629		26318.22
<b>RESULTADOS</b>			
	CTTAR	CORR. SITIO	UNIDADES
Potencia NETA CEN	128.57	127.90	MW
Combustible normalizado	53615.68	53615.68	kg/h
CEN (sPCI)	2391.25	2380.34	kcal/kWh
CEN (sPCS)	2504.07	2492.65	kcal/kWh
CEN Normalizado	0.4173454	0.4154419	kg/kWh

### 3 DATOS REGISTRADOS

Los certificados de calibración de la instrumentación necesaria para la evaluación del consumo específico de la planta, entregados por la CT Tarapacá, se encuentran disponibles en el ANEXO III.

#### 3.1 REGISTRO AUTOMÁTICO DE DATOS CON SOLCEP

Previamente al comienzo de la prueba se ha programado una captura de todos los datos que **SOLCEP** está solicitando al sistema PI, con una periodicidad de 5 segundos. El fichero con la captura de datos se ha recuperado una vez finalizada la prueba, quedando recogido en las Actas de la Pruebas /3/, /4/ y /5/ como elemento de referencia de los resultados obtenidos al evaluar los informes "PruebaCEN\_CT" en cada uno de los escalones de la prueba.

#### 3.2 REGISTRO DE MEDIDAS DE POTENCIA Y CONTADORES DE ENERGÍA

En el instante inicial y final de cada escalón de carga, se han tomado las lecturas de los contadores de energía de los siguientes transformadores: paño principal (52JT1), paño arranque (52JT2), auxiliares (BBA01), arranque (BBB01), Collahuasi 1, Collahuasi 2 y Muelle. Adicionalmente se han tomado las medidas de los consumos en la barra de 380V de los contadores existentes. Los registros de los medidores se pueden consultar en las Actas de la Prueba /3/, /4/ y /5/.

#### 3.3 REGISTRO DE CONSUMO DE PLANTA DE AGUA Y EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS

CT Tarapacá ha instalado dos analizadores de energía portátiles para registrar la energía consumida en Edificios y Planta de agua. Los registros de los medidores se pueden consultar en el ANEXO IV, donde los valores se expresan en kWh. Por configuración del equipo registrador se dispone de cuatro valores horarios en los minutos 00, 15, 30 y 45 de cada hora. Por este motivo las evaluaciones de los escalones de la prueba se han hecho coincidir con esos tiempos, desplazando si es preciso el periodo evaluado dentro del periodo de estabilización.

#### 3.4 REGISTRO DE MEDIDAS AMBIENTALES

Se han registrado los valores de condiciones ambientales mediante una estación meteorológica que dispone de un registrador, cuyos valores fueron recogidos en las Actas de la Pruebas /3/, /4/ y /5/. Los datos se han tratado para obtener los valores medios en cada uno de los escalones de la prueba y así facilitar la realización de los cálculos. Estos datos se pueden consultar en el ANEXO IV.

## 3.5 ANÁLISIS DE CARBÓN Y CENIZAS

### 3.5.1 CARBÓN

De acuerdo al protocolo de las pruebas /1/, el carbón alimentado a caldera se ha muestreado siguiendo los procedimientos habituales de planta.

En el ANEXO VII se recoge el análisis del carbón utilizado en las pruebas.

### 3.5.2 CENIZAS

En cada escalón de carga de la prueba se han tomado muestras de cenizas volantes y escorias para la determinación del carbono inquemado.

En el ANEXO VII se recogen los análisis de las muestras de cenizas tomadas en las pruebas.

## 4 MEMORIA DE CÁLCULO

La evaluación de los resultados de la prueba se realiza con ayuda del informe de **SOLCEP** “PruebaCEN\_CT”, que partiendo de los valores registrados realiza el cálculo del Consumo Específico, corrigiendo los resultados a las condiciones de referencia SITIO. El detalle de la formulación de dicho informe se recoge en el ANEXO I, obtenido al imprimir la referencia desde el propio programa **SOLCEP**.

Para cada uno de los escalones de la prueba se ha evaluado un informe “PruebaCEN\_CT” con corrección a condiciones SITIO. El resultado de esos informes se recoge en el libro excel *Resumen\_v1.xlsx*, que permite su tratamiento e integración.

En los siguientes apartados se explican las particularidades del cálculo al aplicarlo a la prueba del grupo térmico de vapor de CT Tarapacá.

### 4.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA NETA CEN.

La potencia neta CEN se calcula a partir de la potencia neta entregada a la red en el transformador principal menos los auxiliares eléctricos consumidos por el transformador de arranque, a excepción de las ventas a Collahuasi y a la minera Sal Lobos. Además, el Procedimiento de la DO del CDEC para la información del CEN especifica que se deben descontar del consumo de auxiliares eléctricos, los consumos correspondientes a la Planta de Agua, a los Edificios Administrativos y al transporte de carbón desde el muelle a los silos.

Por tanto, la Potencia Neta para la prueba CEN se calculará como;

$$PotNetaCEN = Pot_{TP220} - PotAux_{TA220} + PotAux_{Col1} + PotAux_{Col2} + PotAux_{Muelle} + PotAux_{SalLobos} + PotAux_{Edif} + PotAux_{PTA}$$

Siendo;	$Pot_{TP220}$	Potencia entregada a la red en el trafo principal a 220kV.
	$PotAux_{TA220}$	Potencia consumida por el trafo paño arranque a 220kV.
	$PotAux_{Col1}$	Potencia consumida por Collahuasi 1.
	$PotAux_{Col2}$	Potencia consumida por Collahuasi 2.
	$PotAux_{Muelle}$	Potencia consumida por el Muelle.
	$PotAux_{SalLobos}$	Potencia consumida por la minera Sal Lobos.
	$PotAux_{Edif}$	Potencia consumida por Edificios.
	$PotAux_{Col2}$	Potencia consumida por la Planta de Tratamiento de Agua.



El consumo de la minera Sal Lobos no se ha podido registrar mediante contadores, pero se calcula mediante las medidas en 220kV y en 6.6kV, descontando las pérdidas del transformador de arranque. Las pérdidas por transformación de este transformador se estiman de las medidas de voltaje, potencia y características nominales del transformador de tres devanados:

$$Pot_{TRL} = Pot_{NLL} \cdot \left(\frac{U_m}{U_r}\right)^2 + Pot_{LL} \cdot \left(\frac{S_m}{S_r}\right)^2$$

donde

- Pot<sub>TRL</sub> son las pérdidas por transformación actuales
- Pot<sub>NLL</sub> son las pérdidas nominales en vacío
- Pot<sub>LL</sub> son las pérdidas nominales en carga
- U<sub>m</sub> y U<sub>r</sub> son las tensiones medida y nominal
- S<sub>m</sub> y S<sub>r</sub> son las potencias aparentes medida y nominal

## 4.2 FACTORES DE CORRECCIÓN

Los resultados de la prueba CEN del Grupo de Carbón se han corregido a condiciones de Referencia SITIO. Las condiciones SITIO para la Central Tarapacá son: 18°C, 78% humedad relativa y 1015 mbar para las atmosféricas, 16°C para el agua de mar, y Factor de Potencia en el generador de 0.85.

Ya que no se dispone de curvas de corrección para toda la planta en conjunto, se ha seguido la siguiente metodología:

- Corrección del rendimiento de caldera con las condiciones ambientales. Mediante un cálculo ASME PTC4 de pérdidas separadas en que se sustituyen las condiciones ambientales actuales por las de SITIO.
- Corrección del consumo específico del ciclo de TV exclusivamente por temperatura de agua de mar y su influencia en la presión del condensador. Utilizando la curva de corrección correspondiente del fabricante de turbina.
- Corrección de la potencia bruta a factor de potencia de 0.85. Utilizando la curva de pérdidas en el generador suministrada por el fabricante.

Las curvas de corrección empleadas se recogen en el ANEXO II.

Una vez obtenido los valores corregidos anteriores, la potencia neta corregida y el consumo específico de la planta corregido vienen dados por:

$$CEN_{\text{corregido}} = \frac{100}{\eta_{\text{CALDERA}_{\text{corregido}}}} \cdot CEC_{\text{corregido}} \cdot \frac{Potb_{\text{corregida}}}{Potneta_{\text{corregida}}}$$

$$Potb_{\text{corregida}} = Potb + (Gen_{\text{loss}_{\text{prueba}}} - Gen_{\text{loss}_{\text{PF } 0.85}})$$

$$Potneta_{\text{corregida}} = Potb_{\text{corregida}} - Pot_{\text{Aux}} - \text{Pérdidas}_{\text{TRAFO}} + Pot_{\text{PTA}} + Pot_{\text{edificios}}$$

$$CEC_{\text{corregido}} = \frac{CEC}{(1 + FCC_{\text{aguamar}})}$$

## 5 INCERTIDUMBRES

Con ayuda del Informe “IncertCEN” de SOLCEP se ha evaluado la incertidumbre en el resultado del CEN y del CEN corregido.

Este modelo permite calcular la incertidumbre total, a partir de la incertidumbre de cada señal, teniendo en cuenta tanto la incertidumbre sistemática debida al instrumento como la incertidumbre temporal debida a la variabilidad de la señal, para ello se ha utilizado la metodología incluida en el código ASME-PTC-19.1 /6/:

$$Inc_R = (Inc_{S_R}^2 + Inc_{B_R}^2)^{1/2} = \left( (t_{v,0.025})^2 \cdot \sum_{i=1}^k \left( \frac{\partial R}{\partial x_i} S_{x_i} \right)^2 + \sum_{i=1}^k \left( \frac{\partial R}{\partial x_i} B_{x_i} \right)^2 \right)^{1/2}$$

Donde

$Inc_R$  = incertidumbre total

R = potencia térmica calculada (desde el lado primario o el secundario)

x = señal

$S_{x_i}$  = índice de precisión (desviación típica)

$B_{x_i}$  = límite de “bias” (error sistemático)

$(t_{v,0.025})$  = t de Student para un nivel de confianza del 95%

$\frac{\partial R}{\partial x_i}$  = peso de la variación de la variable  $x_i$  en el resultado

Los valores de  $\frac{\partial R}{\partial x_i}$  se calculan haciendo variar, en el informe “PruebaCEN\_CT”, cada variable en una cantidad igual a  $B_{x_i}$  y evaluando la variación en el resultado. Este proceso se automatiza con una opción de SOLCEP que permite hacerlo de manera automática.

En el ANEXO VI se recoge el resultado del informe “IncertCEN” evaluado en los 5 escalones de potencia ensayados.

## 6 REFERENCIAS

1. IN-TECNES-15-098. Protocolo de Pruebas de Consumo Específico en la Central de Tarapacá. Grupo Térmico de Vapor.
2. IN-TECNES-15-109. Programa de Pruebas de Consumo Específico en la Central de Tarapacá. Grupo Térmico de Vapor.
3. IN-TECNES-15-171. Acta de pruebas CEN en central Tarapacá. Combustible Carbón. Configuración Grupo Térmico de Vapor. 16/12/2015.
4. IN-TECNES-16-004. Acta de pruebas CEN en central Tarapacá. Combustible Carbón. Configuración Grupo Térmico de Vapor. 26/01/2016.
5. IN-TECNES-16-005. Acta de pruebas CEN en central Tarapacá. Combustible Carbón. Configuración Grupo Térmico de Vapor. 27/01/2016.
6. ASME PTC 19.1: "Test Uncertainty"

## *ANEXO I.*

### **EVALUACIÓN DE LA PRUEBA.**

(Ver **Anexo\_I\_PruebaCEN\_Calculo\_CTTAR.pdf** en documento separado)

## *ANEXO II.*

### **CURVAS DE CORRECCIÓN DE LA CENTRAL TARAPACA PARA EL GRUPO TÉRMICO DE VAPOR**

(Ver Anexo\_II\_Curvas\_de\_correccion\_CTTAR.pdf en documento separado)

### ***ANEXO III.***

#### **CERTIFICADOS INSTRUMENTACIÓN**

(Ver **Anexo\_III\_Certificados\_calibración\_CTTAR.pdf** en documento separado)

## *ANEXO IV.*

### **REGISTRO DE CONTADORES DE ENERGÍA AUXILIAR**

( Ver **Anexo\_IV\_Datos\_Campo\_CTTAR.pdf** en documento separado)

( Ver **Anexo\_IV\_Registros\_Energía\_Auxiliares\_CTTAR.xlsx** para consultar valores en bruto)



## *ANEXO V.*

### **RESULTADOS EVALUACIÓN CEN**

( Ver **Anexo\_V\_PruebaCEN\_Resultados\_CTTAR.pdf** en documento separado)

## *ANEXO VI.*

### **EVALUACIÓN INCERTIDUMBRE CEN**

( Ver **Anexo\_VI\_PruebaCEN\_Incertidumbre\_CTTAR.pdf** en documento separado)

## *ANEXO VII.*

### **ANÁLISIS CARBÓN, ESCORIAS Y CENIZAS**

( Ver **Anexo\_VII\_Análisis\_Carbón\_Escorias\_Cenizas\_CTTAR.pdf** en documento separado)