

INFORME

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE POTENCIA MÁXIMA EN LA UNIDAD GENERADORA DE BOCAMINA 2

CLAVE: IN-DDCD-18-097

REV.: 2

N.º Páginas: 58

Realizado	Revisado	Aprobado	Revisado CAL
JGP	MGS	JGP	
Iniciales, Firma y Fecha	Iniciales, Firma y Fecha	Iniciales, Firma y Fecha	Iniciales, Firma y Fecha

MOTIVO DE REVISIÓN DEL DOCUMENTO

Revisión 0 (10/2018):

- Edición inicial del documento

Revisión 1 (12/2018):

- Inclusión del identificador de potencia neta
- Realimentación de comentarios del Coordinador (Curvas de Corrección)
- Incorporación de Certificados de Calibración
- Corrección de errores
- Reprogramación fecha de pruebas

Revisión 2 (01/2019):

- Realimentación de comentarios Coordinador "CEN-GO-DCO-Pmax-Bocamina 1 y 2.pdf"

ÍNDICE

Página

1	MOTIVACIÓN	5
2	PARTICIPANTES Y RESPONSABILIDADES	6
3	PROTOCOLO DE PRUEBAS	7
3.1	ANTECEDENTES.....	7
3.2	DURACIÓN DE LAS PRUEBAS	8
3.3	CONDICIONES DE LAS PRUEBAS	8
3.4	DESARROLLO DE LAS PRUEBAS.....	9
3.5	CONDICIONES PARA EL INICIO, VALIDEZ, SUSPENSION Y REINICIO DE LAS PRUEBAS	11
3.6	INSTRUMENTACIÓN	12
3.6.1	INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO	12
3.6.2	INSTRUMENTACIÓN PARA MEDIDA DE AUXILIARES ELÉCTRICOS A DESCONTAR.....	13
3.7	REGISTRO DE DATOS.....	14
3.8	MUESTREO DE CARBÓN Y CENIZAS.....	14
3.8.1	MUESTREO DE CARBÓN	14
3.8.2	MUESTREO DE CENIZAS	15
3.9	MUESTREO DE LA CALIZA Y DEL YESO.....	16
3.10	NORMATIVA UTILIZADA	16
3.10.1	CORRECCIÓN A CONDICIONES SITIO.....	17
3.11	CONTENIDO DEL ACTA DE LA PRUEBA. REUNIÓN Y FIRMA.....	17
3.12	CONTENIDO DE LOS INFORMES TÉCNICOS DE LAS PRUEBAS.....	17
3.13	CONTENIDO DE LOS INFORMES TÉCNICOS FINALES DE LAS PRUEBAS	18
3.14	FORMULARIOS DE REGISTRO DE DATOS.	18
3.15	CONTROL DE CALIDAD.....	18
	ANEXO I: HOJAS DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS	19

ANEXO II: BALANCES DE PROYECTO.....	20
ANEXO III: VALORES NOMINALES Y DE CONSIGNA.....	21
ANEXO IV: VARIABLES DE OPERACION	33
ANEXO V: UNILINEAL Y MEDIDAS ELÉCTRICAS	40
ANEXO VI: ESQUEMA DE INSTRUMENTACIÓN	43
ANEXO VII: MUESTREO DE CARBÓN	47
ANEXO VIII: DETERMINACIÓN DE INQUEMADOS EN CENIZAS.....	48
ANEXO IX: CURVAS DE CORRECCIÓN	51
ANEXO X: MODELO CÁLCULO PRUEBAS POTENCIA MÁXIMA.....	57
ANEXO XI: MODELO CÁLCULO INCERTIDUMBRES	58

1 MOTIVACIÓN

Estas pruebas de potencia máxima se deben realizar para dar cumplimiento al Programa Anual de Pruebas de Potencia Máxima elaborado por el Coordinador Eléctrico Nacional de Chile (en adelante “El Coordinador”), de acuerdo con el Procedimiento y Anexo Técnico publicados por el Coordinador que establece las metodologías y procesos para efectuar las pruebas que permiten verificar la Potencia Máxima de una unidad generadora.

Dichos Procedimiento y Anexo Técnico establecen las bases para realizar las pruebas, informar y actualizar a la Dirección de Operaciones, la Potencia Máxima de todas las centrales que se encuentren en operación comercial y aquellas que se incorporen en la misma modalidad. Estos valores de potencia máxima deben ser informados de acuerdo con la programación publicada por el Coordinador.

Según los requerimientos del Procedimiento, los valores de Potencia Máxima informados deben corresponder a los distintos tipos de combustibles con los que opera la central, así como a las configuraciones declaradas para la generación.

Este protocolo se refiere a las pruebas de potencia máxima de la Unidad Generadora de Bocamina 2, que es una Central Térmica a Carbón. El combustible para el que se deben realizar las pruebas es carbón.

La tabla siguiente contiene las fechas publicadas en las que se deben realizar las pruebas.

Tabla 1. Fechas de Pruebas de Potencia Máxima

Unidad Generadora	Combustible	Tipo de Tecnología	Comuna	Fecha de Pruebas
Bocamina 2	Carbón	Central a Carbón	Coronel	Semana del 23-03-2019 ⁽¹⁾

(1) Propuesta de Reprogramación más reciente

Las pruebas de Potencia Máxima serán supervisadas por un Experto Técnico Externo, en coordinación con la DO. El Experto Técnico establecerá el Protocolo de las Pruebas, asegurará el cumplimiento de este durante la ejecución de las pruebas, redactará el Acta de las Pruebas y redactará también el Informe Técnico de las Pruebas.

El presente documento recoge el Protocolo de las Pruebas para la Unidad Generadora de Bocamina 2, donde se especifican los términos y condiciones para la realización de las pruebas.

2 PARTICIPANTES Y RESPONSABILIDADES

Los participantes necesarios en las pruebas serán los siguientes:

- Turno de Operación y Jefe de Turno que serán los responsables de conducir las pruebas de acuerdo con el presente protocolo.
- Personal Auxiliar de planta para el registro de datos en campo durante las pruebas y, eventualmente, para la toma de muestras.
- Experto Técnico externo que será responsable de supervisar las pruebas, asegurando el cumplimiento del protocolo, y será responsable de redactar el Acta de las Pruebas.

Uno de los miembros cualificados del Equipo Clave actuará como Supervisor de las Pruebas.

También podrán participar los siguientes responsables técnicos:

- Por parte de Enel Generación Chile, un Inspector Jefe que actuará como coordinador entre los distintos participantes. Este Inspector Jefe será responsable de la coordinación del programa de la prueba, y de resolver prontamente con el Centro de Despacho sobre cualquier incidencia en la red que pueda afectar al inicio, término, duración o suspensión de las pruebas.
- Por parte de “El Coordinador” un “Representante del Coordinador”

Igualmente podrán participar observadores adicionales tras petición al “Coordinador” y su aprobación.

El Experto Técnico podrá contar con un Adjunto, escogido entre el resto de los miembros del Equipo Clave, que actuará como apoyo en la supervisión y redacción del Acta de las Pruebas y del Informe de las Pruebas.

La central de Bocamina 2 será responsable de situar al Experto Técnico, y eventualmente al resto de participantes, en un puesto adecuado para la supervisión de las pruebas.

La central de Bocamina 2 será la responsable de tener lista toda la instrumentación requerida por este Protocolo, con sus hojas de datos técnicos y hojas de calibración vigentes. Las hojas de calibración de la instrumentación suministradas y revisadas se recogen en el Anexo I.

El Experto Técnico será responsable de la verificación de que el muestreo y la determinación de las propiedades del carbón se realizan de acuerdo con lo recogido en el apartado 3.8.1.

El Experto Técnico será responsable de la verificación de que el muestreo y la determinación de los inquemados en las cenizas se realizan de acuerdo con lo recogido en el apartado 3.8.2.

El Experto Técnico será responsable de la verificación de que el muestreo de caliza alimentada y del yeso de la desulfuradora se realizan de acuerdo con lo recogido en el apartado 3.9.

3 PROTOCOLO DE PRUEBAS

3.1 ANTECEDENTES

La Central de Bocamina 2 es una central térmica a carbón que cuenta con una turbina de vapor modelo General Electric 270T772 de 370 MW de potencia nominal, con recalentamiento simple y 7 calentadores de agua de alimentación, acoplada a un generador a 3000.rpm, cuyas condiciones nominales son vapor a 166.7 bar y 538°C/538°C, presión en el condensador de 0.0491 bar, y una caldera para generación de vapor de fuegos frontales, cuyas condiciones nominales son para el vapor 1141/930 t/h, 541/541°C y 171.1/40.5 bar, y para el carbón 123.84 t/h.

En el Anexo II pueden consultarse los diagramas de balance de proyecto al 100-80-60-40% de carga.

En el Anexo III pueden consultarse los valores nominales de los principales equipos de planta: Turbina, Caldera, Generador, Transformadores, Condensador, Bombas de Agua de Alimentación, Bombas de Agua de Circulación, Bombas de Condensado, Ventiladores de Aire Primario, Ventiladores de Tiro Forzado, Ventiladores de Tiro Inducido y Filtros de Manga.

También se incluyen en el Anexo III los valores de consigna automática de las principales variables controladas: presión y temperatura de vapor sobrecalentado, temperatura de vapor recalentado, contenido de O₂ y presión de gases en el hogar, así como los valores de diseño del caudal de agua de alimentación en función de la carga.

El Anexo IV recoge el listado de las variables de operación principales.

Aunque la central de Bocamina 2 comenzó su operación el 28/10/2012, nunca se realizaron pruebas de aceptación. Los valores de diseño muestran los siguientes valores al 100% de carga: capacidad 170. MW de potencia bruta, un consumo específico del ciclo de TV de 1852.3 kcal de vapor/kWh bruto, y un rendimiento de caldera sobre PCS del 88.9%. El consumo específico neto de diseño a plena carga es de 0.3543 kg de carbón (de 6350.kcal_PCS/kg) / kWh neto, que equivale a 2250 kcal/kWh en base PCS a 25°C.

No obstante, desde el inicio de su operación, se ha realizado un seguimiento continuo del consumo específico de la central con una herramienta de monitorización continua llamada SOLCEP. En el anexo XII pueden consultarse los resultados de este seguimiento, representado por los parámetros de consumo específico del ciclo de TV, rendimiento de caldera en base al PCI y consumo específico neto en base al PCI.

Las potencias brutas máximas y mínimas, informadas al “Coordinador” se recogen en la siguiente tabla. El valor de la Potencia máxima es referencial y será determinado durante estas pruebas.

Combustible	Potencia neta máxima (MW)	Potencia bruta máxima (MW)	Mínimo Técnico (MW)
Carbón	322.48	350	240

Tabla 2. Potencias máxima y mínima de Bocamina 2 informadas al Coordinador

3.2 DURACIÓN DE LAS PRUEBAS

La duración de las pruebas de Potencia Máxima se ajustará a lo especificado en el Procedimiento y Anexo Técnico: 5h para la prueba de carga máxima con un periodo de estabilización previo no superior a 2h.

Las pruebas se efectuarán en el horario que más convenga al despacho de carga.

La primera hora anterior al comienzo de la prueba (incluyendo el periodo previo de 2 h), se dedicará a realizar las comprobaciones pertinentes sobre: a) el estado de la instrumentación de proceso, b) el procedimiento de registro de la instrumentación de campo, c) los procedimientos de toma de muestras de carbón, cenizas, caliza y yeso de la desulfuradora d) el programa de carga de las pruebas, y e) el estado de los equipos y sistemas auxiliares.

Cuando la configuración lo requiera, las operaciones para el establecimiento del foco frío, el arranque de la planta y el acoplamiento de la turbina de vapor y su toma de carga, se comenzarán con la suficiente antelación, de manera que la “condición de potencia máxima” pueda imponerse tras la primera hora de comprobaciones.

3.3 CONDICIONES DE LAS PRUEBAS

Para el comienzo de las pruebas y durante su desarrollo se deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. Aprobación por el “Coordinador” del programa de las pruebas
2. Sin regulación de frecuencia primaria
3. Sin regulación de frecuencia secundaria
4. Las pruebas de potencia máxima deberán ser realizadas a un factor de potencia de 0.95, salvo en aquellos casos en los que se haya alcanzado los niveles de voltaje permisible en la red, en los cuales se realizara la prueba en el factor de potencia alcanzado, corrigiendo los valores de potencia obtenidos, según la curva de capacidad del generador en función del factor de potencia promedio obtenido en la prueba.
5. Los equipos y sistemas deberán estar operativos y en sus parámetros habituales.
6. Se realizará el soplado de caldera antes de la realización de la prueba. Durante la prueba se mantendrá el sistema de soplado en automático.
7. El ciclo en su conjunto, incluida la caldera, operará con purgas continuas y drenajes normales sin aislar, y los sistemas de regulación y control en automático. La purga continua del domo permanecerá en su valor habitual y la purga intermitente, o discontinua, permanecerá cerrada. No se aislará ninguna válvula ni sistema adicional.
8. Los puntos de consigna y los sistemas de regulación de presión de vapor principal y de temperaturas de vapor, sobrecalentado y recalentado, permanecerán en automático.

9. El aporte de agua al ciclo de turbina de vapor se realizará en automático.
10. Todos los dispositivos de control y protecciones, incluyendo alarmas, deben estar habilitados y operativos.
11. La prueba de Potencia Máxima se realizará llevando las válvulas de control de turbina a posición completamente abiertas, y manteniéndolas en esa posición. En caso de existir algún impedimento operativo, se llevarán a la máxima apertura fija posible que no comprometa la operación.
12. Los instrumentos de medición que participen en el cálculo de los valores de Potencia Bruta máxima, Potencia neta y su corrección a condiciones SITIO deben encontrarse calibrados. Las hojas de calibración de la instrumentación suministradas y revisadas se recogen en el Anexo I.
13. Se medirá la alimentación de energía eléctrica a los edificios administrativos, a la planta de agua y al parque de carbón. El Experto Técnico verificará que los equipos de medida dedicados para tal fin están operativos.

3.4 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS

Se propone realizar las pruebas de potencia máxima en la fecha recogida en la siguiente tabla.

Unidad	Combustible	Fecha prueba
Bocamina 2	Carbón	19/03/2019

Tabla 3. Fechas propuestas Pruebas de Potencia Máxima Bocamina 2

Las tablas y figuras siguientes muestran la evolución temporal estimada de la carga durante cada prueba: el periodo de comprobaciones de 1 hora, el periodo de estabilización máximo de 2 horas, y el periodo de 5 h en el que se tomarán los datos válidos para la prueba.

En la estimación de la potencia bruta que se alcanzará durante las pruebas se ha tenido en cuenta los datos históricos para el mes en que se realizarán las pruebas.

Durante el periodo de comprobaciones la planta ya estará lista para comenzar la prueba, con una carga superior a la del mínimo técnico (MT).

La hora 0:00 es la de comienzo de las comprobaciones.

Prueba de Potencia Máxima Bocamina 2				
Inicio	Fin	Carga	MW	Acción
0:00	1:00	> Mínimo Técnico	>240	· Comprobaciones · Inicio registro automático de datos
1:00	3:00	Aumento de Carga	240→350	· Condición potencia máxima · Estabilización
3:00	8:00	Potencia Máxima	~350	· Prueba · Registro de datos de campo · Toma de Muestras

Tabla 4. Cronograma de las Pruebas de Potencia Máxima Bocamina 2

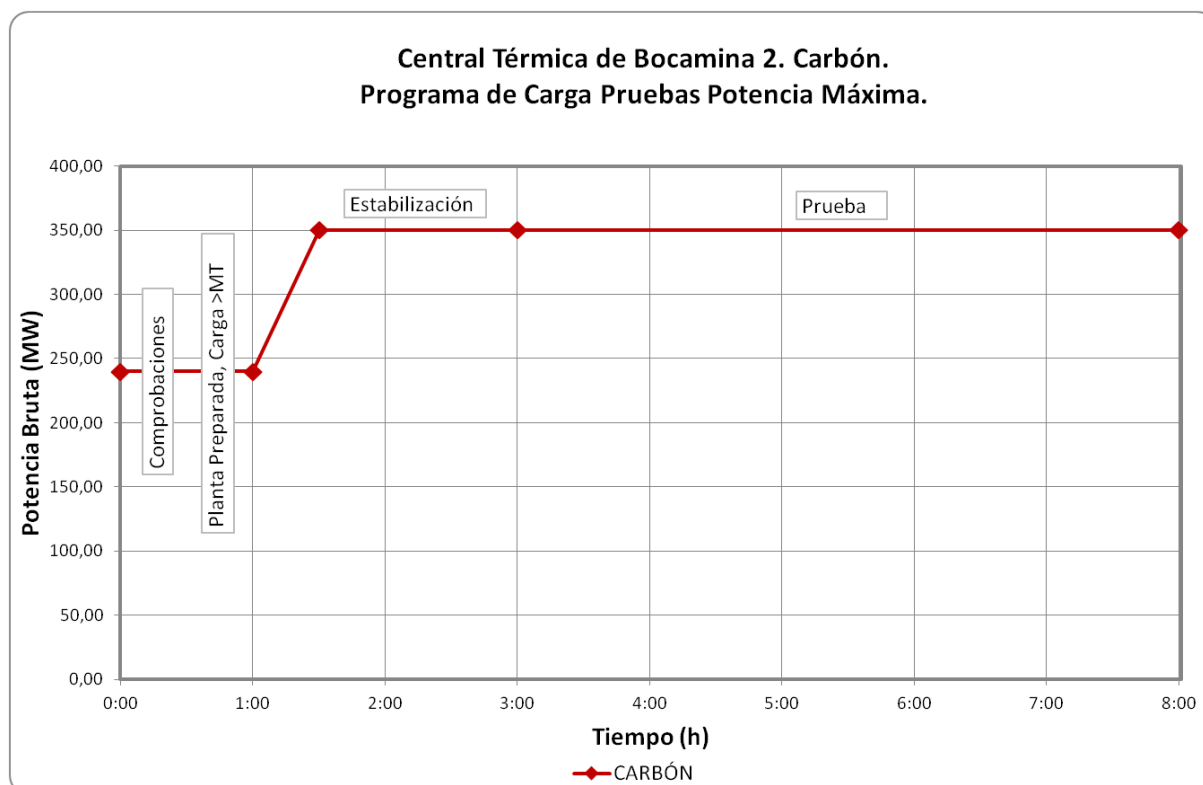


Figura 1. Programa de Carga Pruebas de Potencia Máxima Bocamina 2

3.5 CONDICIONES PARA EL INICIO, VALIDEZ, SUSPENSION Y REINICIO DE LAS PRUEBAS

Las pruebas se iniciarán cuando la red tenga condiciones estables y cuando la planta tenga también condiciones estables.

En caso de que se produzca una falla de la unidad generadora en pruebas, o de existir perturbaciones en la red que la lleven al Estado de Emergencia, “El Coordinador” suspenderá la prueba. Adicionalmente, el “Coordinador” podrá suspender la prueba en la operación en tiempo real en caso de que lo considere necesario dadas las condiciones del sistema.

Una vez superada la condición antes indicada, el “Coordinador” podrá autorizar la realización de la prueba si las condiciones de sistema lo permiten. En caso contrario, “El Coordinador” programará la realización de la prueba para una nueva fecha.

Las pruebas se considerarán válidas basándose fundamentalmente en criterios de estabilidad de frecuencia de la red (velocidad de la turbina). La siguiente tabla recoge los valores de las fluctuaciones máximas que permiten asegurar la estabilidad y por tanto la validez de una prueba de aceptación, y han sido tomados de la norma ASME PTC-6.

Variable	Desviación sobre consigna	Fluctuación Permitida
Presión de Vapor	$\pm 3\%$	Máximo de $\pm 0.25\%$ y 34.5 kPa
Temperaturas vapor sobrecalentado y recalentado	$\pm 16^{\circ}\text{C}$	$\pm 4^{\circ}\text{C}$
Caudal Agua Alimentación	-	$\pm 1\%$
Presión del condensador	-	Máximo de 0.14 kPa y 1%
Carga	-	$\pm 0.25\%$
Voltaje	$\pm 5\%$	-
Factor de Potencia	-	$\pm 1\%$
Velocidad	$\pm 5\%$	$\pm 0.25\%$

Tabla 5. Desviaciones permitidas para asegurar la estabilidad y validez de pruebas de aceptación según la norma ASME PTC-4

Debido a la gran duración de la prueba de potencia máxima, en caso de no cumplirse estrictamente los criterios anteriores, se podrá dividir la prueba a la hora de aplicar los factores de corrección en periodos más cortos. Esta decisión será tomada de forma consensuada entre los participantes: Experto técnico, Coordinador, Planta y Enel Generación.

3.6 INSTRUMENTACIÓN

Durante la prueba se empleará fundamentalmente la instrumentación de proceso, aunque las variables no instrumentadas deberán registrarse con medidores de campo.

La documentación necesaria para la instrumentación empleada en la medición de la Potencia Máxima consiste en la hoja de datos técnicos y la hoja de calibración.

Los instrumentos listados en los subapartados siguientes deberán tener su hoja de calibración realizada dentro de los 2 años anteriores a la prueba.

Los instrumentos listados en los subapartados siguientes deberán tener su hoja de datos técnicos disponible para su inclusión en el Informe Técnico de las Pruebas.

Planta será la responsable de la calibración de los instrumentos y del suministro de sus hojas de datos técnicos y de sus hojas de calibración. El Anexo I contiene las hojas de datos técnicos y de calibración suministradas y revisadas.

Los Anexos V y VI muestran el esquema unilíneal y los esquemas de proceso con la instrumentación principal que será registrada en las pruebas de potencia máxima.

3.6.1 INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO

La tabla siguiente muestra el listado de la instrumentación de proceso, cuya revisión y calibración es obligada o se recomienda. El Anexo I contiene las hojas de datos técnicos y de calibración suministradas y revisadas.

En gris se resalta la instrumentación necesaria para informar el valor de la Potencia Activa Máxima en bornes del alternador, que es el valor principal requerido en estas pruebas, y para informar del valor de la Potencia Neta máxima, que es otro de los valores principales requeridos.

	TAG Instrumento	Descripción	ACCIÓN
1	BOC2_NET_TV_kW_tot	POTENCIA ACTIVA 220 KV	calibración
2	BOC2_20MAY00CE002XQ01	POTENCIA ACTIVA BORNES ALTERNADOR	calibración
3	BOC2_DVARGE	POTENCIA REACTIVA BORNES ALTERNADOR	calibración
4	BOC2_DFGE	FRECUENCIA BORNES ALTERNADOR	calibración opcional
5	BOC2_DVVOLTGE	ST GEN. VOLTAJE	calibración opcional
9	BOC2_20PAB20CT001XQ01	CW INL CONDENSER WTRBOX 1 TEMP	calibración
10	BOC2_20PAB20CT002XQ01	CW INL CONDENSER WTRBOX 2 TEMP	calibración
11	BOC2_20PAB40CT001XQ01	TEMP. AGUA MAR CANAL DESCARGA	calibración
12	BOC2_20PAB40CF001XQ01	CAUDAL AGUA MAR CANAL DESCARGA	calibración

Tabla 6. Listado de la instrumentación de proceso y requerimientos de calibración

Los medidores de potencia y energía en bornes del alternador son de clase de precisión 02. Los medidores de potencia y energía neta en 220 kV son de clase de precisión 02.

La calibración del factor de potencia está implícita en la calibración de potencia activa y reactiva.

En la tabla anterior no está recogida toda la instrumentación de proceso utilizada en los modelos SOLCEP de la Central de Bocamina 2 para el cálculo en línea del CEN y de los rendimientos de los grandes sistemas de planta, que consiste en más de 200 señales instrumentadas, cuyo listado y valores serán parte del Informe Técnico de las Pruebas.

3.6.2 INSTRUMENTACIÓN PARA MEDIDA DE AUXILIARES ELÉCTRICOS A DESCONTAR

El Procedimiento para la información de la Potencia Máxima especifica que para la obtención de la Potencia Neta se deben descontar del consumo de auxiliares eléctricos, los consumos correspondientes a la Planta de Agua, a los Edificios Administrativos y al Parque de Carbón.

La alimentación de energía eléctrica a los edificios administrativos se realizará con un medidor portátil instalado para la prueba.

La alimentación de energía eléctrica a la planta de agua se realizará con un medidor portátil instalado para la prueba, o con uno existente siempre que sea de clase 05 como mínimo.

La alimentación de energía eléctrica al parque de carbón se realizará con un medidor portátil instalado para la prueba, o con uno existente siempre que sea de clase 05 como mínimo.

Los equipos portátiles de medida de potencia o energía eléctrica serán de al menos clase 05.

La central de Bocamina 2 será la responsable de la selección e instalación de los contadores y del registro de valores durante la prueba.

La siguiente tabla, proveniente del informe “18203-03-01-IC-ITE-003 VA (002).docx” entregado con los antecedentes, recoge los puntos de medida propuestos por la central.

Tabla 7. Listado de Cargas a medir CT Bocamina II

ÍTEM	Tablero	Nivel Tensión [kV]	Etiqueta en Terreno	Descripción	Ubicación	Potencia [kW]	Corriente nominal [A]	CL TC Disponible	CL TC a Suministrar	CL TP Disponible	CL TP a Suministrar
1 *	20BDA	11	K11	Alimentador 1 sistema de manejo de carbón	Sala de Media Tensión	1.600	84	NE	0,2	S/I	0,2
2*	20BBA	11	K03	Alimentador 2 sistema de manejo de carbón	Sala de Media Tensión	1.600	84	NE	0,2	S/I	0,2
3**	20BJG	0,4	GS001 y GS002	GS001 y GS002 Agua Desmineralizada	Sala agua demi	200	290	0.5	0,2	S/I	0,2
4	20BLA	0,4	spare6	Alimentación oficina de proyectos.	Sala de Media Tensión	S/I	S/I	S/I	0,5	S/I	0,5

ÍTEM	Tablero	Nivel Tensión [kV]	Etiqueta en Terreno	Descripción	Ubicación	Potencia [kW]	Corriente nominal [A]	CL TC Disponible	CL TC a Suministrar	CL TP Disponible	CL TP a Suministrar
5	LPN08	0,4	6N03	Alimentación oficina de contratistas.	Sala de Media Tensión	S/I	S/I	S/I	0,5	S/I	0,5

NOTAS:

- * Medidores que serán provistos por ENEL.
- (**) Medida no necesarias para efectuar el cálculo del CEN.
- M: Mantener los TTMM existentes.
- NE: No existe.

S/I: Sin Información.

3.7 REGISTRO DE DATOS

El registro de datos de la instrumentación de proceso se realizará de manera automática por SOLCEP, a una frecuencia de 1 conjunto de datos cada 10 segundos.

El registro de los valores del contador de energía para la medida de auxiliares de la planta de agua, de los edificios administrativos y del parque de carbón, se realizará en los instantes inicial y final del periodo de 5h de las pruebas, y al final de cada hora de prueba transcurrida

Para el registro de datos con instrumentos de campo, portátiles, y cámaras, se sincronizarán sus tiempos con el tiempo del sistema PI, el servidor de datos de planta.

3.8 MUESTREO DE CARBÓN Y CENIZAS

3.8.1 MUESTREO DE CARBÓN

El carbón alimentado a caldera se muestreará siguiendo los procedimientos habituales de planta.

Las muestras de carbón deberán ser lo más representativas posible del carbón que se queme durante las pruebas por lo que se realizará en los alimentadores de carbón a los molinos. El muestreo seguirá el procedimiento establecido por el documento de Endesa Chile "Instructivo Operativo IO014 Muestreo carbón pruebas de eficiencia U2.pdf" que puede consultarse en el Anexo VII.

Será suficiente con el muestreo del carbón al principio, a la mitad y al final de cada prueba. El tamaño de la muestra será entre 1 y 5 kg.

Las muestras tomadas se mezclarán, y de la mezcla se extraerá una porción de aproximadamente 1 kg que se enviará al laboratorio para su análisis, quedando el resto en custodia.

Se realizará un registro de los muestreos realizados. Las muestras de carbón serán embolsadas y etiquetadas adecuadamente.

Será necesario 1 análisis de laboratorio por cada prueba realizada.

Los análisis de carbón incluirán al menos el análisis elemental, el poder calorífico superior, y también el análisis inmediato (humedad, cenizas, carbono fijo y materia volátil).

3.8.2 MUESTREO DE CENIZAS

Las muestras de cenizas, para la determinación del carbono inquemado, deberán ser representativas de las pruebas, por lo que deberán recogerse tanto muestras de cenizas volantes como de escorias.

La localización del muestreo de cenizas se realizará con los procedimientos habituales de planta. La localización del muestreo de cenizas volantes será en las tolvas de los filtros de mangas. La localización del muestreo de escorias se realizará a la salida del sistema de remoción y enfriamiento de escorias del fondo de caldera.

Se tomarán 5 muestras de cenizas: al final de cada una de las 5h de duración de las pruebas. Se alargará el periodo de muestreo de manera que el peso total de las 5 muestras sea al menos de 100 g.

Las 5 muestras se mezclarán, enviándose la mitad a laboratorio y quedando la otra mitad en custodia.

Igualmente, hacia el final de la prueba se tomará una muestra de al menos 200 g de escorias a la salida del cenicero de caldera. Esta muestra deberá ser pulverizada antes de su análisis. De la misma manera, la mitad de la muestra pulverizada se enviará al laboratorio para su análisis y la otra mitad quedará en custodia.

Las muestras se enviarán al laboratorio propio de la Central de Bocamina 2 para el análisis de inquemados de acuerdo con los procedimientos habituales en planta. El Anexo VIII recoge el procedimiento interno de la central para la determinación del carbono inquemado en las cenizas que, si bien no se ajusta a ninguna norma, se considera suficiente para la determinación de los inquemados con una incertidumbre bastante menor que la introducida con el muestreo de las cenizas.

Se realizará un registro de los muestreos realizados, que serán embolsados y etiquetados adecuadamente.

Por tanto, se requieren 2 muestras de cenizas, 1 muestra de escorias y 2 análisis de inquemados.

Los análisis de cenizas contendrán al menos el contenido de carbono inquemado en las mismas.

Este procedimiento es conforme a la norma ASME PTC4 en lo que se refiere al muestreo de las cenizas.

No obstante, las cuestiones relativas al muestreo de cenizas volantes quedan abiertas a la decisión conjunta por parte del coordinador, el experto técnico y el coordinado.

3.9 MUESTREO DE LA CALIZA Y DEL YESO

Las pruebas deben servir también para determinar el consumo de caliza a potencia máxima.

Para su cálculo, además de las medidas de concentración de SO₂ en gases antes y después de la desulfuradora, es necesario conocer los siguientes parámetros en cuanto de la caliza empleada y el yeso producido. Estos parámetros son:

- Pureza caliza (%peso s/seco)
- Humedad caliza (%peso)
- Residuo caliza en yeso (%peso s/seco)
- Humedad yeso (%peso)

Estos parámetros podrán determinarse mediante la toma de muestras y su análisis posterior, o podrán provenir de análisis realizados con anterioridad siempre que el suministro de caliza provenga de la misma fuente y con las mismas especificaciones.

Será responsabilidad de la planta el muestreo y análisis, o bien la utilización de datos históricos.

3.10 NORMATIVA UTILIZADA

Para el cálculo de las Pruebas de Potencia Máxima se utilizará el “Informe de Prueba de Rendimiento” implementado en los modelos SOLCEP de la central de Bocamina 2. En estos informes se introducirán manualmente las medidas de campo. Estos informes tendrán incluida la corrección a condiciones SITIO y el cálculo de incertidumbres.

La plantilla de este informe formará parte del modelo SOLCEP de la Central de Bocamina 2.

El Anexo X recoge como ejemplo la memoria de cálculo que se empleará en las Pruebas de Potencia Máxima, y también incluye el listado completo de los datos que se recogerán en línea por SOLCEP.

La incertidumbre del resultado se calculará siguiendo la normativa ASME aplicándolo a la Potencia máxima y a su valor corregido.

El Anexo XI recoge como ejemplo el modelo de cálculo e Informe de Incertidumbres de la central de Bocamina 2.

La idoneidad de SOLCEP como herramienta de análisis está basada en que sus modelos y estructura aplican estrictamente la normativa ASME:

Performance Test Code on Steam Turbines ASME PTC 6-2004

Performance Test Code on Fired Steam Generators ASME PTC 4-2008

Performance Test Code on Overall Plant Performance ASME PTC 46-2013

Test Uncertainty ASME PTC 19.1

3.10.1 CORRECCIÓN A CONDICIONES SITIO

Siguiendo la normativa ASME, los resultados de las pruebas de Potencia Máxima se corregirán a condiciones de referencia SITIO.

Las condiciones SITIO para la Central de Bocamina 2 son: 1.012 bar, 15.°C, y 90% de humedad relativa para las condiciones ambientales, 14°C para la temperatura del agua de mar y factor de potencia 0.95.

Para las pruebas de potencia máxima solo se corregirán los resultados por temperatura de agua mar y factor de potencia.

El Anexo IX recoge las curvas de corrección a emplear que constituyen un consenso a partir de los datos técnicos suministrados por planta.

3.11 CONTENIDO DEL ACTA DE LA PRUEBA. REUNIÓN Y FIRMA

El Acta de cada Prueba de Potencia Máxima de la Central de Bocamina 2 contendrá al menos la siguiente información:

1. Participantes
2. Cronología de la prueba
3. Datos Principales Registrados.
4. Incidencias
5. Observaciones de los participantes

El mismo día de la prueba, tras el término de esta, se procederá a mantener la reunión de cierre y la firma del Acta de la Prueba.

3.12 CONTENIDO DE LOS INFORMES TÉCNICOS DE LAS PRUEBAS

El Informe Técnico de la Prueba de Potencia Máxima en la Central de Bocamina 2 contendrá al menos la siguiente información:

1. Resumen Ejecutivo
2. Desarrollo y Resultados de la prueba
3. Memoria de Cálculo
4. Curvas de Corrección a condiciones de Referencia
5. Registro de Mediciones de la Instrumentación de proceso

6. Registro de Mediciones de contadores y otras medidas de campo
7. Análisis de Laboratorio del carbón
8. Análisis de Laboratorio de las cenizas
9. Análisis de Laboratorio de la caliza y del yeso de la desulfuradora

3.13 CONTENIDO DE LOS INFORMES TÉCNICOS FINALES DE LAS PRUEBAS

Estos informes consistirán en el “Informe Técnico de las Pruebas” corregido con los análisis de laboratorio certificados.

Las observaciones, preguntas y comentarios realizados por “El Coordinador”, o por cualquier Integrante del sistema eléctrico coordinado, y la respuesta a las mismas, podrán realimentarse al informe final en caso de que sea pertinente.

3.14 FORMULARIOS DE REGISTRO DE DATOS.

Los formularios para el registro de datos, cuando estos se hagan a la mano, serán suministrados por el Experto Técnico Externo a la Central de Bocamina 2 antes de la realización de la prueba y contendrán los siguientes campos:

Encabezado: Pruebas Potencia Máxima de la Central de Bocamina 2.

Registro de datos en columnas: Fecha/Tiempo -- Variable/Descripción/TAG/Unidades

Pie: Responsable (Nombre y firma) -- Fecha

3.15 CONTROL DE CALIDAD

Con el fin de garantizar la calidad de los cálculos realizados y los documentos generados, los Informes realizados por el Experto Técnico que Supervisará las pruebas, serán revisados por un técnico cualificado del mismo departamento y aprobados adicionalmente por el responsable jerárquico superior.

ANEXO I: HOJAS DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS

HOJAS DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS

Certificados Energía Neta, Bruta, Auxiliares

Certificados Temperaturas Agua de Refrigeración del condensador.



AnexoI_Certificados
CalibracionPotMax_

AnexoI_CertificadosCalibracionPotMax_BO2.pdf

ANEXO II: BALANCES DE PROYECTO

BALANCES DE PROYECTO AL 100-80-60-40%



AnexoII_Balances_B
O2.pdf

AnexoII_Balances_BO2.pdf

ANEXO III: VALORES NOMINALES Y DE CONSIGNA

**VALORES NOMINALES DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES Y VALORES DE
CONSIGNA DE LAS VARIABLES PRINCIPALES DE PROCESO**

En este anexo se recogen los valores nominales de los principales equipos de la Central de Carbón de Bocamina 2.

1. Turbina de Vapor

Modelo GE 270T772 con recalentamiento simple y 7 calentadores de agua de alimentación, acoplada a un generador a 3000.rpm

Condiciones nominales: vapor a 166.7 bar y 538°C/538°C y presión en el condensador de 0.0491 bar

2. Caldera de Vapor

Caldera para generación de vapor de fuegos frontales.

Condiciones nominales: para el vapor sobrecalentado/recalentado 1141/930 t/h, 541/541°C y 171.1/40.5 bar, y para el carbón 123.84 t/h.

3. Generador

General Electric modelo 290T772.

Características de Placa

2 Polos, 3 Fases, Conectado en Estrella, 50 Hz, 3000 rpm.

Temperatura total que no debe excederse para el valor nominal

Garantizado: 120°C en el Campo mediante Resistencia

103°C en el Inducido mediante Detector

Temperatura Máxima del H₂ 49°C

Presión H₂ 60 PSIG

Valores Nominales

kVA	456000.
Amperaje en el inducido (A)	14626.
Tensión del inducido (V).....	18000.
Amperaje de Campo (A).....	2594.
Tensión de Excitación (V)	550.
Factor de potencia	0.85

4. Transformador principal

Relación de Transformación: 220/18 kV

2 enrollados

Capacidad: 480 MVA

5. Condensador
STEAM SURFACE CONDENSER SPECIFICATION SHEET
SI Units


Customer	Endesa	Date	12-05-07
Engineer / Consultant	Maire Engineering	Cust. Ident. No.	4500018798
Address	Torino, Italy	Mfg. Ident. No.	1714 DATASHEET (SI), REV 0
Plant Name	Bocamina II (Endesa)	Proposal No.	H-5822.HX; Rev 0
Plant Location	Coronel, Chile	Job No.	1714

PERFORMANCE

1.	Effective Surface	10,822	m ²
2.	Duty	445	MW
3.	MTD	13.03 °C	Condensate Residence Time 2.5 Min. Cleanliness Factor 85 %
4.	Heat Transfer Rate	3,154.2	W/m ² ·K
5.	Exhaust Pressure at Turbine Exhaust Flange	0.0491	Bar Abs.
		Shell - Side	Tube- Side
	Fluid Circulated	Steam	Circulating Water
6.	Flow Rate	724,985 kg/h	48,000 m ³ /h
7.	Temperature IN °C	32.50	15.00
8.	OUT °C	32.50	23.17
9.	Operating Pressure	0.0491 Bar Abs	2.5 Bar G
10.	Pressure Drop, Bar	Negligible	0.39
11.	Velocity, m/s	Not Applicable	2.50
12.	Number of Passes	Not Applicable	1
13.	Max Free O ₂ in Condensate, PPB	7	Not Applicable

CONSTRUCTION

14.	Design Pressure	1 Bar G & FV	4.14 Bar G
15.	Test Pressure	Filled with Water	5.38 Bar G
16.	Hotwell Capacity: m ³	NWL – LWL	Required 30.2 Actual 33.6 (Min.)
17.	Codes and Standards	Applied HEI	
	Part	No.	Size Thick Material ASTM No. Details
18.	Tubes - Cond. Sect.	10,311	25.4 mm O.D. 25 BWG Titanium SB338-GR2 Rolled
19.	Tubes - Cooler Sect.	570	25.4 mm O.D. 25 BWG Titanium SB338-GR2 & Seal
20.	Tubes - Imping Sect.	543	25.4 mm O.D. 22 BWG Titanium SB338-GR2 Welded
21.	- Shell		C/S SA516-70
22.	- Water Boxes	Lined with 3 mm thick Neoprene Rubber	C/S SA516-70
23.	- Water Box Covers	Lined with 3 mm thick Neoprene Rubber	C/S SA516-70
24.	- Tubesheets		Solid Titanium SB265-GR1
25.	- Support Plates	Qty = 16; Central Spacing = 711mm, Thk = 12 mm	C/S SA516-70
26.	- Hotwell - Sides		C/S SA516-70
27.	- Hotwell - Bottom		C/S SA516-70
28.	- Neck Piece		C/S SA516-70
29.	Connections: Steam Inlet	6706 mm x 6452 mm Welded	Cond. Outlet (3) 610 mm
30.	(Size & Rating) Water Box	(4) 2032 mm FFSSO	Air Off - Take (2) 203 mm
31.	Expansion Joint -	Rubber Dogbone Joint	
32.	Tube Length - Effective:	11913 mm Overall :	11989 mm Tube Weight (kg): 24,902
33.	Condenser Supports		
34.	Unit Weight - Empty : (kN)	2,398	Operating : (kN) 3,806 Flooded : (kN) 9,715
35.	NOTE 1: We have used sea water in our thermal calculations: Cp = 3.997 kJ/kg·K and density = 1020.4 kg/m ³		
36.	NOTE 2: We have included 11% extra tubes (qty = 1257) in the mechanical design of this condenser. These tubes are not		
37.	included in thermal calculations, and do not appear on lines 1, 18, 19, and 20 of this data sheet		
38.	Note 3: We have included two rows (qty = 420) of 18 BWG carbon steel dummy tubes above the impingement zone		

6. Bombas de Agua de Alimentación



Datasheets for Boiler Feedwater Pumps

Equipment Tag : 20 LAC 11/12/13 AP001

Project:

Date:

Page:

BOCAMINA II

17-09-2008

Page 2 of 1

GENERAL DATA

Manufacturer	FLOWSERVE
Model or Type Number	6x14CSB-5
Type (diffuser, volute)	DIFFUSER
Number of Stages	5
Shaft Rotation, as Viewed from Driver End, cw or ccw	CCW viewed from motor
Pumped fluid / Specific Gravity	Feedwater / 0.898

CERTIFIED PERFORMANCE

Main Pump

Speed at Rated Conditions, rpm	5340
Suction Feedwater Flow at Operating Temp (m3/h)	676
Total head, at Operating Temp (m)	2323
Pump Brake Power (kW)	4563
Pump Efficiency (%)	80
Recommended Minimum Continuous Pump Flow at Design Speed, rpm (m3/h)	200
Recommended Máximo Continuous Pump Flow at Design Speed, rpm (m3/h)	743.6

Booster Pump

Speed at Rated Conditions, rpm	1485
Suction Feedwater Flow at Operating Temp (m3/h)	763
Total head, at Operating Temp (m)	148
Pump Brake Power (kW)	272.5
Pump Efficiency	72%
Recommended Minimum Continuous Pump Flow at Design Speed, rpm (m3/h)	240
Net Positive Suction Head Required, 3% (m)	3.9

7. Bombas de Agua de Circulación

Circulating Water Pumps Pump Data Sheet	Job	Serie	KKS.	KEY.	Num.	Rev.	Pag. Total
							3 4

PUMP DATA SHEET

SERVICE Servizio	CIRCULATING SEAWATER PUMPS				Quantity: 2 Quantità
ITEM PUMP / MOTOR Sigla Pompa / Motore	20PAC20-AP001 / 20PAC20-AP001L 20PAC20-AP002 / 20PAC20-AP002L		MANUFACTURER Costruttore		FLOWSERVE
General Information – Dati Generali					
PUMP TYPE Tipo Pompa	Vertical – 47APM 1 stg VCT		INSTALLATION TYPE Tipo Installazione	Parallel	
REFERENCE DOC. Documento di riferimento	P&ID EAD000-F2-PAB-000-33P001		REF. STANDARD Normativa di riferimento	See point 2.2 and Job documentation as per MR	
Site and Utility Data – Condizioni ambientali del sito e ubicazione					
AIR TEMPER. MIN / MAX Temperatura aria Min / Max	0 / 40 °C	ELEVATION Altitudine	8.67 m	LOCATION Ubicazione	OUTDOOR
RELATIVE HUMIDITY Umidità relativa	90 %	BAROMETER Press. Baromet.	1007 mbar	OTHER COND. Altre condizioni	
Operating and design conditions – Caratteristiche di progetto funzionale					
		CASE A (1)		CASE B (2LT) (3HT)	
SERVICE (pumped fluid) Fluido pompato		SEAWATER			
FLOW CAPACITY (normal) Portata	m³/h	25000	31,000 / 31,900 (see curves)		
SUCTION PRESSURE (max/norm) Pressione di aspirazione	barg	~0.262 @ Low water level -2.57m			
OPERATING TEMPERATURE Temperatura di esercizio	°C	14	14		
Rated Diff. Head Prevalenza richiesta	m	21.75	13.7 / 11.4 (see curves)		
SHUT-OFF HEAD Prevalenza a bocca chiusa	m	39			
DENSITY AT OPERATING TEMPERATURE Densità a	kg/m³	1030			
VISCOSITY AT OPERATING TEMPERATURE Viscosità a	CP	1.62			
NPSH AVAILABLE NPSH disponibile	m	12.91 @ lower water level			
NPSH AVAILABLE – NPSH REQUIRED (NPSH Disponibile) – (NPSH Richiesto)	m	12.91 – 12.0 (Worst Case)			
PUMP SPEED Velocità di rotazione pompa	rpm	421			
DESIGN DISCHARGE PRESSURE Pressione di progetto	barg	5			
DESIGN TEMPERATURE Temperatura di progetto	°C	Mechanical design temperature 80 °C			
EFFICIENCY AT RATED CAPACITY Rendimento a portata nominale	%	88 / 76 (LT) / 71(HT)			
MAX POWER AT RTD IMPELLER Pot. max assorb. girante selez.	kW	1716 (Guaranteed)	~1423 (Considering High Tide Run-Out)		
PUMP / TOTAL WEIGHT Peso pompa / Peso totale gruppo	kg	29,500 / 60,100			
NOISE Rumorosità		85 +/- 2 (Guaranteed)			
SUPPLEMENTAL DATA FOR VERTICAL PUMP					

Circulating Water Pumps Pump Data Sheet	Job	Serie	KKS	KEY	Num.	Rev.	Pag	Total
							2	4

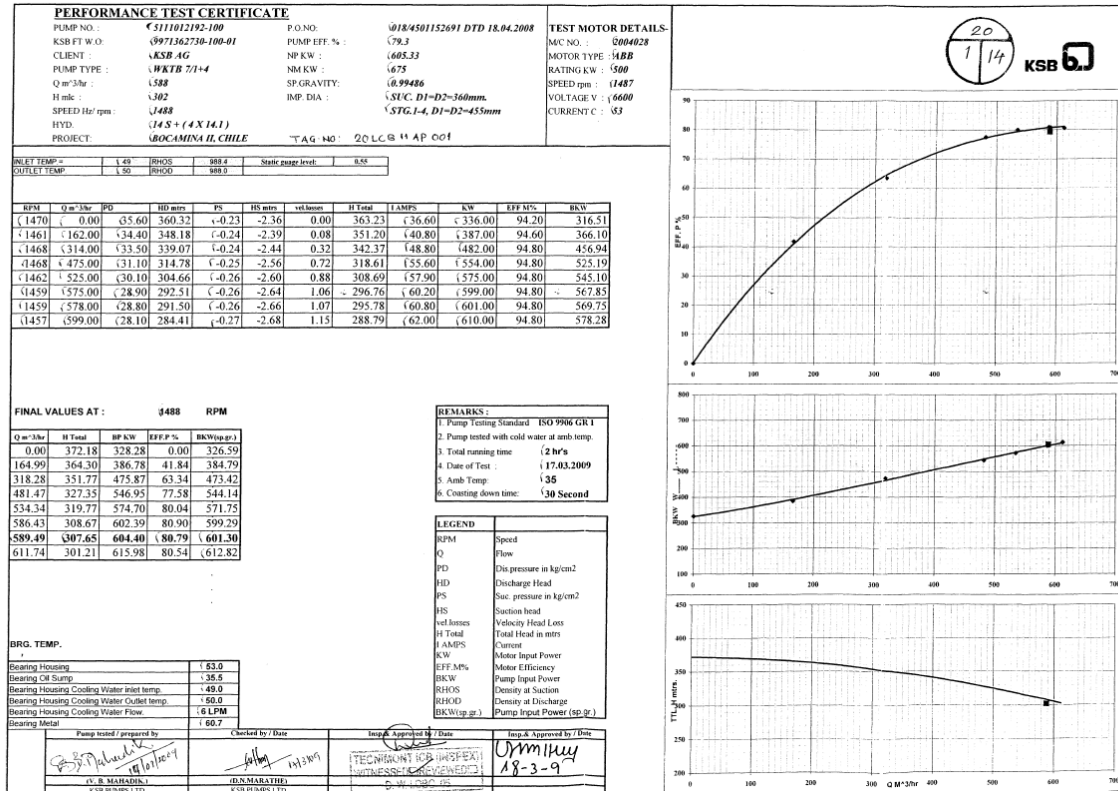
SOLEPLATE DIMENSIONS Long / Large / Thk		m	2.79 x 3.238; thickness 50.8 mm		
Low level of liquid under grade		m	-2.570		
Pump length under grade		m	11.68		
Sump Dept		m	-7.3 EL		
Submergence Required		m	2.9		
Discharge Centerline elevation above grade		m	2.15 EL		
CONSTRUCTION CHARACTERISTICS – MATERIALS Caratteristiche costruttive - Materiali					
IMPELLER No. Numero stadi	1	Materials (*) API GROUP		D1	
IMPELLER TYPE Tipo girante	OPEN	CASING		ASTM A240 UNS S31803	
CASE SPLIT Divisione corpo	RADIAL	IMPELLER Girante		ASTM A890 Gr. 4A	
PUMP-MOTOR COUPLING Accoppiamento motore-pompa	Rigid adjustable, none spacer cplg. w/guard	WEAR RINGS IMP /CAS Anelli usura		N.A.	
BEARING LUBE Lubrificazione cuscinetti	HANDLED FLUID	SHAFT Albero		ASTM A276 UNS S31803	
THRUST BEARING type Cuscinetto reggispira	TILTING PAD IN MOTOR	SHAFT SLEEVE Camicia		ASTM A276 UNS S31803	
RADIAL BEARING TYPE Cuscinetto di guida	SLEEVE	INTERNAL BOLTS Bulloni interni		ASTM A276 UNS S31803	
SEAL TYPE Tipo tenuta	3-19x19 mm packing rings braided high cotton yarn	SEAL MATERIAL Materiale tenuta		Braided high grade cotton yarn	
SEAL FLUSH REQ. Q/P/T Flussaggio tenuta	Similar to API PLAN 13	SEAL FLUID REQ. Fluido richiesto per flussaggio		Leakage piped to basin material Duplex SS	
SUCT. FLANGE (Size/Rating/Facing)	-	SOLEPLATE		Carbon steel **	
DISCH. FLANGE (Size/Rating/Facing)	60" AWWA CLASS D norm. FF TYPE	GUIDE BUSHING		NITRILE	
GUIDE BUSHING LUBE	Pumped fluid	PUMP HEAD		Discharge: ASTM A240 UNS S31803 Suction: ASTM A276 UNS S31803	
MOTOR DRIVE DATA – Dati Motore					
RATED OUTPUT kW Potenza di targa	1940	EFFICIENCY at 4/4 3/4 2/4 Rendimento	94% 94% 93.4%	ENCLOSURE Grado protezione	IP56
VOLT / PHASES Hz Alimentazione elettrica	11 kV	COS φ at 4/4 3/4 2/4	.78/.76/.68	INSUL. CLASS Classe isolamento	F
FULL LOAD SPEED RPM Velocità a pieno carico	421	NOM. / START CURRENT Corrente nom / di avv.	138,8 / 694.2	LUBE Lubrificazione	Oil Bath
MOTOR WEIGHT kg Peso motore	30,600	MANUFACTURE R Costruttore	Hyundai	COOLING REQ. FOR MOTOR THRUST BRG.	Sea Water (piping by Vendor)

(*) Duplex SS shall be selected as material with PREN to be certified by FLS. PREN index of materials shall be certified within the ranges proposed in Chapter 11.1 – “PREN Requirement for Fabrication Materials” of Technical Specification as a mandatory requirement.

(**) Soleplate is painted in accordance with approved painting procedure EAD000_S1_PAC_600_FL0003 to prevent corrosion due to marine environment.

8. Bombas de Condensado

511012192_100_WIT



9. Ventiladores de Aire Primario

PROYECTO ASPIRACION GENERAL

PRIMARY AIR FAN OPERATION AND MAINTENANCE DOCUMENTATION	Job	Serie	KKS.	KEY.	Num.	Rev.	Page	Total
	EAD000	F9	HFE	700	000001	00	7	76

Customer : SES
Name : SEL
Proj.num. : 0080362
Date : 24 Apr 108
Duty : with inlet and outlet ducting
Fan type : SI bAb65bd/2060
Blading : aerofil
Suction : single inlet
Interpretation : between bearings
Application : PRIMARY AIR FAN

Technical data

Medium : air
Volume flow : 67.77 Bm3/s
Volume flow normal : 227520 Nm3/h
Mass flow : 80.639 kg/s
Inlet temperature : 30.0 Grd C
Mechan. layout for : 100.0 Grd C
Density : 1.190 kg/m3
Density normal : 1.290 kg/Nm3
Inlet pressure : 104.9 kPa
Geodetic altitude : 9.0 m
Inlet overpressure : 3.70 kPa
Total pressure increase : 13.80 kPa
Stat. pressure increase : 12.79 kPa
Relative humidity : 81.00 %
Enthalpy : 11.09 kJ/kg
Total reaction grad : 92.7 %
Impeller speed : 1490.0 min-1
Adiabatic coefficient : 1.400 --
Efficiency : 82.2 %
Sound velocity : 365.4 m/s
Outlet velocity : 48.2 m/s
Dynam. inlet pressure : 1.38 kPa
Power consumpt. on shaft: 1087.4 kW (30) Grd C
Temperature increase : 13.3 Grd C
Tip speed : 160.6 m/s
Impeller diameter : 2060 mm

P V - Performance

Total press [kPa]	Enthalpy [kJ/kg]	Volume flow [m3/s]	Mass flow [kg/s]	Efficiency consumpt. [%]	Power incr. [kW]	Temper. [GrdC]
4.42	3.55	109.116	129.84	40.0	1187.5	9.0
7.29	5.86	98.886	117.67	59.0	1192.6	10.0
9.94	7.99	87.804	104.48	72.0	1173.3	11.0
12.26	9.85	76.722	91.30	79.4	1138.2	12.3
13.74	11.04	68.198	81.15	82.2	1090.2	13.2
15.04	12.09	59.161	70.40	83.0	1021.4	14.3
15.90	12.78	48.875	58.16	80.0	923.2	15.6
16.08	12.92	40.919	48.69	75.0	833.1	16.8
15.90	12.78	34.099	40.58	69.0	746.7	18.1
15.02	12.07	22.733	27.05	56.0	580.9	21.1
13.25	10.65	7.956	9.47	30.0	336.7	35.0

Technical Documentation / V 1.0 / 0080362.2L1 / SI BAB 65/2060/Y-4 DDC L300 / 27.01.09 / EN / (LEC)

10. Ventiladores de Tiro Forzado

The VARIAX® Fan



Project:	Bocamina II	
Customer:	Slovenske Energeticke Strojane	
Howden Ref.:	N20612 - D	Fan Performance Guarantee page 2 of 3
Variac type:	ANN - 2120 / 1000B at 1490 rpm	FAN PERFORMANCE CALCULATIONS
Application:	Forced Draught Fan - SES Process Data rev 1	

Load			1	2	3	4	5	6
Boiler load			Design	Op. Point 1	Op. Point 2			
Inlet temperature	tt1	[°C]	20,0	20,0	20,0			
Outlet temperature	tt2	[°C]	26,0	25,0	23,5			
Standard density	Rho 0	[kg/Nm³]	1,283	1,283	1,283			
Inlet density	Rho 1	[kg/m³]	1,186	1,187	1,188			
Outlet density	Rho 2	[kg/m³]	1,232	1,225	1,191			
Mass flow rate	qm	[kg/s]	-	-	-			
Nominal volume flow rate	q0	[Nm³/h]	655.200	547.200	237.600			
Inlet volume flow rate	qv1'	[m³/s]	196,9	164,4	71,3	0,0	0,0	0,0
Outlet volume flow rate	qv2'	[m³/s]	189,6	159,2	71,1			
Inlet duct velocity	v1'	[m/s]	0,0	0,0	0,0			
Outlet duct velocity	v2'	[m/s]	19,0	15,9	7,1			
Inlet static pressure	ps1'	[Pa]	0	0	0			
Inlet dynamic pressure	pd1'	[Pa]	0	0	0			
Inlet total pressure	pt1'	[Pa]	0	0	0			
Inlet silencer loss	p loss 1'-1	[Pa]	0	0	0			
Connection piece loss	p loss 1'-1	[Pa]	0	0	0			
Fan inlet total pressure	pt1	[Pa]	0	0	0			
Outlet static pressure	ps2'	[Pa]	6.120	5.100	1.460			
Outlet dynamic pressure	pd2'	[Pa]	221	155	30			
Outlet total pressure	pt2'	[Pa]	6.341	5.255	1.490			
Elbow loss	p loss2'2	[Pa]	21	15	3			
Outlet silencer loss	p loss2'2	[Pa]	0	0	0			
Connection piece loss	p loss2'2	[Pa]	107	75	15			
Outlet duct loss	p loss2'2	[Pa]	0	0	0			
Carnot loss	p loss2'2	[Pa]	35	25	5			
Fan outlet total pressure	pt2	[Pa]	6.505	5.370	1.512			
Fan static pressure rise	ps2' - ps1'	[Pa]	6.120	5.100	1.460			
Fan total pressure rise	pt2 - pt1	[Pa]	6.505	5.370	1.512			
Compressibility factor		[K]	0,980	0,983	0,995			
Fan work		[J/kg]	5.354	4.436	1.266			
Fan total efficiency		[%]	87,0	86,5	35,0			
Fan power		[kW]	1.437,3	1.000,3	306,4			
Bearing loss		[kW]	1,5	1,5	1,5			
Shaft power		[kW]	1.438,8	1.001,8	307,9			
Temperature rise		[°C]	6,0	5,0	3,5			

Above calculated shaft power can be proven in accordance with AMCA-803 or VDI 2044 and the in the standard mentioned measuring tolerances. If a zero tolerance guarantee is required, 3% should be added to the above shaft power figures.
All pressure losses are calculated on basis of the given areas mentioned on page 1, FAN PERFORMANCE CALCULATIONS

11. Ventiladores de Tiro Inducido

The VARIAX® Fan

Project: Bocamina II
Customer: Slovenske Energetičke Strojarnice
Howden Ref.: N250612 - D
Variax type: ANT - 2650 / 1250B at 990 rpm
Application: ID-Booster Fan - SES Process Data rev 1

Fan Performance Guarantee page 2 of 3
FAN PERFORMANCE CALCULATIONS



Load			1	2	3	4	5	6
Boiler load			Design	BMCR	40 % TMCR			
Inlet temperature	tt1	[°C]	115,0	113,0	115,0			
Outlet temperature	tt2	[°C]	125,6	121,5	120,5			
Standard density	Rho 0	[kg/Nm³]	1,331	1,321	1,321			
Inlet density	Rho 1	[kg/m³]	0,885	0,893	0,915			
Outlet density	Rho 2	[kg/m³]	0,940	0,935	0,918			
Mass flow rate	qm	[kg/s]	-	-	-			
Nominal volume flow rate	q0	[Nm³/h]	730.800	604.800	288.000			
Inlet volume flow rate	qv1'	[m³/s]	305,3	250,3	116,4	0,0	0,0	0,0
Outlet volume flow rate	qv2'	[m³/s]	287,4	239,1	115,9			
Inlet duct velocity	v1'	[m/s]	20,4	16,7	7,8			
Outlet duct velocity	v2'	[m/s]	19,2	15,9	7,7			
Inlet static pressure	ps1'	[Pa]	-5.005	-3.850	-1.030			
Inlet dynamic pressure	pd1'	[Pa]	183	124	28			
Inlet total pressure	pt1'	[Pa]	-4.822	-3.726	-1.002			
Inlet silencer loss	p loss 1'-1	[Pa]	0	0	0			
Connection piece loss	p loss 1'-1	[Pa]	0	0	0			
Fan inlet total pressure	pt1	[Pa]	-4.822	-3.726	-1.002			
Outlet static pressure	ps2'	[Pa]	3.965	3.050	860			
Outlet dynamic pressure	pd2'	[Pa]	173	119	27			
Outlet total pressure	pt2'	[Pa]	4.138	3.169	887			
Elbow loss	p loss2'2	[Pa]	15	11	2			
Outlet silencer loss	p loss2'2	[Pa]	0	0	0			
Connection piece loss	p loss2'2	[Pa]	68	47	11			
Outlet duct loss	p loss2'2	[Pa]	0	0	0			
Carnot loss	p loss2'2	[Pa]	25	17	4			
Fan outlet total pressure	pt2	[Pa]	4.246	3.244	905			
Fan static pressure rise	ps2' - ps1'	[Pa]	8.970	6.900	1.890			
Fan total pressure rise	pt2 - pt1	[Pa]	9.068	6.969	1.907			
Compressibility factor		[K]	0,968	0,976	0,993			
Fan work		[J/kg]	9.895	7.596	2.071			
Fan total efficiency		[%]	88,0	83,7	35,0			
Fan power		[kW]	3.037,8	2.029,1	630,1			
Bearing loss		[kW]	1,5	1,5	1,5			
Shaft power		[kW]	3.039,3	2.030,6	631,6			
Temperature rise		[°C]	10,6	8,5	5,5			

Above calculated shaft power can be proven in accordance with AMCA-803 or VDI 2044 and the in the standard mentioned measuring tolerances. If a zero tolerance guarantee is required, 3% should be added to the above shaft power figures.
All pressure losses are calculated on basis of the given areas mentioned on page 1, FAN PERFORMANCE CALCULATIONS
The continuous operating inlet temperature must always be 25°C (45°F) above the water dew point

12. Filtro de Mangas

PARÁMETRO	VALOR
Cantidad total de gases para los dos filtros (nominal)	1.302.620 Nm ³ /hora
Cantidad máx. de gases para los dos filtros	1.462.600 Nm ³ /hora
Temperatura de trabajo máx. de los gases	180 °C
Contenido máx. de polvo en los gases - entrada al filtro	15 g/Nm ³
Contenido máx. de polvo en los gases - salida del filtro	30 mg/Nm ³
Número de colectores (los dos filtros)	20
Número de mangas filtrantes en un colector	702 unidades
Número de mangas filtrantes en los dos filtros	14.040 unidades
Superficie total de filtración de los dos filtros	38.050 m ² aprox.
Velocidad nominal media de filtración	0,8 m/min aprox.
Manga filtrante	Ryton PPS
Dimensión de la manga filtrante	Ø133 - 6500 mm
Depresión máx. permitida en el colector de polvo (en relación con la presión atmosférica exterior).	- 2 500 Pa

Valores de Consigna

En las tablas siguientes se recogen los valores de consigna de las variables principales de proceso en función de la potencia bruta.

Potb (MW)	Presión Vapor Sobrecalentado (bar)	Temperatura vapor sobrecalentado (°C)	Temperatura vapor recalentado (°C)
0	69	370	370
100	69	370	370
304	69	480	480
350	166	541	541

Potb (MW)	Caudal de Agua de Alimentación (t/h)
150	432
220	633
295	872
370	1147

Potb (MW)	Oxígeno en Gases Antes de Precalentadores (%)	Presión gases hogar (kPa)
0	13	-0.1
80	13	-0.1
230	5.2	-0.1
320	4	-0.1

ANEXO IV: VARIABLES DE OPERACION

LISTADO DE VARIABLES DE OPERACIÓN.

VARIABLES DE OPERACIÓN BOCAMINA 2			
	IDENT	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
Potencias y variables eléctricas			
1	BOC2_NET_TV_kW_tot	Potencia Neta	MW
2	20MAY00CE002XQ01	MW ACTUAL VALUE	MW
3	DVARGE	GEN VARS	MVAR
4	DPFGE	GEN POWER FACTOR (CALCULATED)	-
5	20BBT01GS001XQ09RTU	ACTIVE POWER BBT01	MW
6	20BDT01GS001XQ09RTU	ACTIVE POWER BDT01	MW
7	DVVOLTGE	GEN VOLTAJE	kV
8	DFGE	GEN FREQUENCY	Hz
9	20BBT01GS001XQ41RTU	ACTIVE ENERGY	MWh
10	20BBT02GS001XQ41RTU	ACTIVE ENERGY	MWh
11	20BBT03GS001XQ41RTU	ACTIVE ENERGY	MWh
12	20BDT01GS001XQ41RTU	ACTIVE ENERGY	MWh
13	20CFA01CE101XQ63RTU	ACTIVE ENERGY DELIVERED DEL GEN	MWh
14	20CFA01CE101XQ64RTU	ACTIVE ENERGY RECEIVED REC GEN	MWh
15	20CFA01CE102XQ63RTU	ACTIVE ENERGY DELIVERED DEL UNIT TRAF0	MWh
16	20CFA01CE102XQ64RTU	ACTIVE ENERGY RECEIVED REC UNIT TRAF0	MWh
17	20CFA01CE103XQ63RTU	ACTIVE ENERGY DELIVERED DEL BCK TRAF0	MWh
18	20CFA01CE103XQ64RTU	ACTIVE ENERGY RECEIVED REC BCK TRAF0	MWh
Consumo Equipos			
19	20LAC11AP001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
20	20LAC12AP001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
21	20LAC13AP001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
22	20PAC20AP001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
23	20PAC20AP002XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
24	20HFE10AN001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
25	20HFE20AN001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
26	20HLB10AN001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
27	20HLB20AN001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
28	20HNC10AN001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
29	20HNC20AN001XQ09RTU	ACTIVE POWER	MW
30	20LCB11AP001XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
31	20LCB11AP002XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
32	20LCB11AP003XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
33	20HAG10AP001XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
34	20HAG20AP001XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
35	20HAG30AP001XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
36	20HFC10AJ001XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
37	20HFC20AJ001XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
38	20HFC30AJ001XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW
39	20HFC40AJ001XQ09RTU	ACTIVE POWER	kW

VARIABLES DE OPERACIÓN BOCAMINA 2			
	IDENT	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
40	20GAC10AP001XQ11	DEMI PLANT WASHING PUMP CURRENT	A
41	20GAC11AP001XQ11	RAW WATER DISTRIBUTION. PMP1 CURRENT	A
42	20GAC11AP002XQ11	RAW WATER DISTRIBUTION. PMP2 CURRENT	A
43	20GHC10AP001XQ11	DEMI WTR DISTR PMP1 CURRENT	A
44	20GHC10AP002XQ11	DEMI WTR DISTR PMP2 CURRENT	A
45	20GHC10AP003XQ11	DEMI WTR DISTR PMP3 CURRENT	A
46	20HLD10AC001XQ11	CURRENT RAH 1	A
47	20HLD20AC001XQ11	CURRENT RAH 2	A
48	20MAJ21AP001XQ11	CURRENT	A
49	20MAJ21AP002XQ11	CURRENT	A
50	20PCB21AP001XQ11	CIRC WTR BOOS PP CURRENT	A
51	20PGB30AP001XQ11	CURRENT	A
52	20PGB30AP002XQ11	CURRENT	A
53	20PGB30AP003XQ11	CURRENT	A
Gases y Emisiones			
54	20HNA10CQ001XQ01	O2 BEFORE RAH 1	%
55	20HNA20CQ001XQ01	O2 BEFORE RAH 2	%
56	20HTA10CQ002XQ01	O2 CONTENT FGD INLET	%
57	20CKR20CQ005XQ01CEMS	O2 MEASURE DRY	VOL%
58	20CKR20CQ006XQ01CEMS	O2 WET MEASURE	VOL%
59	20CKR20CT001XQ01	FLUE GAS TEMP CHIM STACK	°C
60	20CKR20CF001XQ01	FLUE GAS FLOW	t/h
61	BOC2_CEMS_CO2NOR	PROMEDIO MINUTO NORMALIZADO DIOXIDO CARBONO	%
62	BOC2_CEMS_O2NOR	PROMEDIO MINUTO NORMALIZADO OXIGENO BASE SECA	%
63	BOC2_CEMS_O2ZRMIN	PROMEDIO MINUTO OXIGENO BASE HUMEDA	%
64	BOC2_CEMS_CONOR	PROMEDIO MINUTO NORMALIZADO OXIDO CARBONO	mg/Nm3
65	BOC2_CEMS_NONOR	PROMEDIO MINUTO NORMALIZADO OXIDOS DE NITROGENO	mg/Nm3
66	BOC2_CEMS_PLVNOR	PROMEDIO MINUTO NORMALIZADO MATERIAL PARTICULADO	mg/Nm3
67	BOC2_CEMS_SO2NOR	PROMEDIO MINUTO NORMALIZADO OXIDOS DE AZUFRE	mg/Nm3
68	BOC2_CEMS_QFNOR	PROMEDIO MINUTO NORMALIZADO CAUDAL DE GASES	kNm3/h
69	20HTA10CQ001XQ01	SO2 CONTENT FGD INLET	mg/Nm3
Variables de Control			
70	CV1POSGE	CV1 POS FB	%
71	CV2POSGE	CV2 POS FB	%
72	CV3POSGE	CV3 POS FB	%
73	CV4POSGE	CV4 POS FB	%

VARIABLES DE OPERACIÓN BOCAMINA 2			
	IDENT	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
74	IV1POSGE	INTERCEPT VLV #1 POS FB	%
75	IV2POSGE	INTERCEPT VLV #2 POS FB	%
76	TNHRPMGE	HP TURBINE SPEED (RPM)	rpm
77	20HFB10GH001XQ01	FLOW COAL FEEDER 1	t/h
78	20HFB20GH001XQ01	FLOW COAL FEEDER 2	t/h
79	20HFB30GH001XQ01	FLOW COAL FEEDER 3	t/h
80	20HFB40GH001XQ01	FLOW COAL FEEDER 4	t/h
81	20HHF03HCF001XQ01	DIESEL OIL F INTO BOILER	kg/h
82	20HHF50CF001XQ01	RETURN OIL F	kg/h
Ambientales			
83	BOC_MET_TEMP_AMB	Temperatura ambiente	°C
84	BOC_MET_PRES_ATM	Presión atmosférica	mbar
85	BOC_MET_HUM_REL	Humedad Relativa	%
86	BOC_MET_VIENTO_VEL	Velocidad del viento	m/seg
87	BOC_MET_VIENTO_DIR	Dirección del viento	Grados
88	BOC_MET_PRECIPITACION	Precipitación	mm
89	BOC_MET_RAD_SOL	Radiación solar	W/m2
Presiones ciclo agua-vapor			
90	20HAD10CP001XQ01	DRUM PRESSURE	MPa
91	20LBA10DCP001XQ01	OUTLET SH STEAM P1 LINE1	MPa
92	20LBA30DP001XQ01	HP STEAM PRESSURE	bar
93	FSPGE	FIRST STAGE SHELL PRESS	bar
94	20LBQ80CP001XQ01	TURBINE HP STAGE DISCH STEAM P	bar
95	20LBC20CP001XQ01	CRH STEAM P FROM TURBINE	bar
96	20LBC20DP003XQ01	CRH STEAM PRESSURE	bar
97	20LBB30DP001XQ01	HRH STEAM PRESSURE	bar
98	20LBQ60CP001XQ01	TURBINE IP STAGE STEAM PRESS	bar
99	20LBS50CP001XQ01	IP STEAM DISCH PRESS TO DEAREAT	bar
100	20LBS40CP001XQ01	LP EXTR PRESS TO LP4 (Absoluta)	bar
101	20LBS30CP001XQ01	LP EXTR PRESS TO LP3 (absoluta)	bar
102	20LBS20CP001XQ01	LP EXTR PRESS TO LP2 (Absoluta)	bar
103	20LBS10CP001XQ01	LP EXTR PRESS TO LP1 (absoluta)	bar
104	20MAG10CP001XQ01	CONDENSER PRESSURE (Absoluta)	bar
105	20MAG10CP002XQ01	CONDENSER PRESSURE (Absoluta)	bar
106	20MAG10CP003XQ01	CONDENSER PRESSURE (Absoluta)	bar
107	20LCA21CP001XQ01	COND EXTR PUMP DISCH PRESS	bar
108	20LAA20DP001XQ01	DEAERATOR TK PRESSURE	bar
109	20LAB40CP001XQ01	FW PRESSURE TO ECON	MPa
110	20LBG40DP001XQ01	AUXILIARY STEAM HEADER P	bar
111	20HCB31CP001XQ10	STEAM P BOILER SOOTBLOW 1	bar
112	SSMGE	STEAM SEAL MANIFOLD PRESS	bar

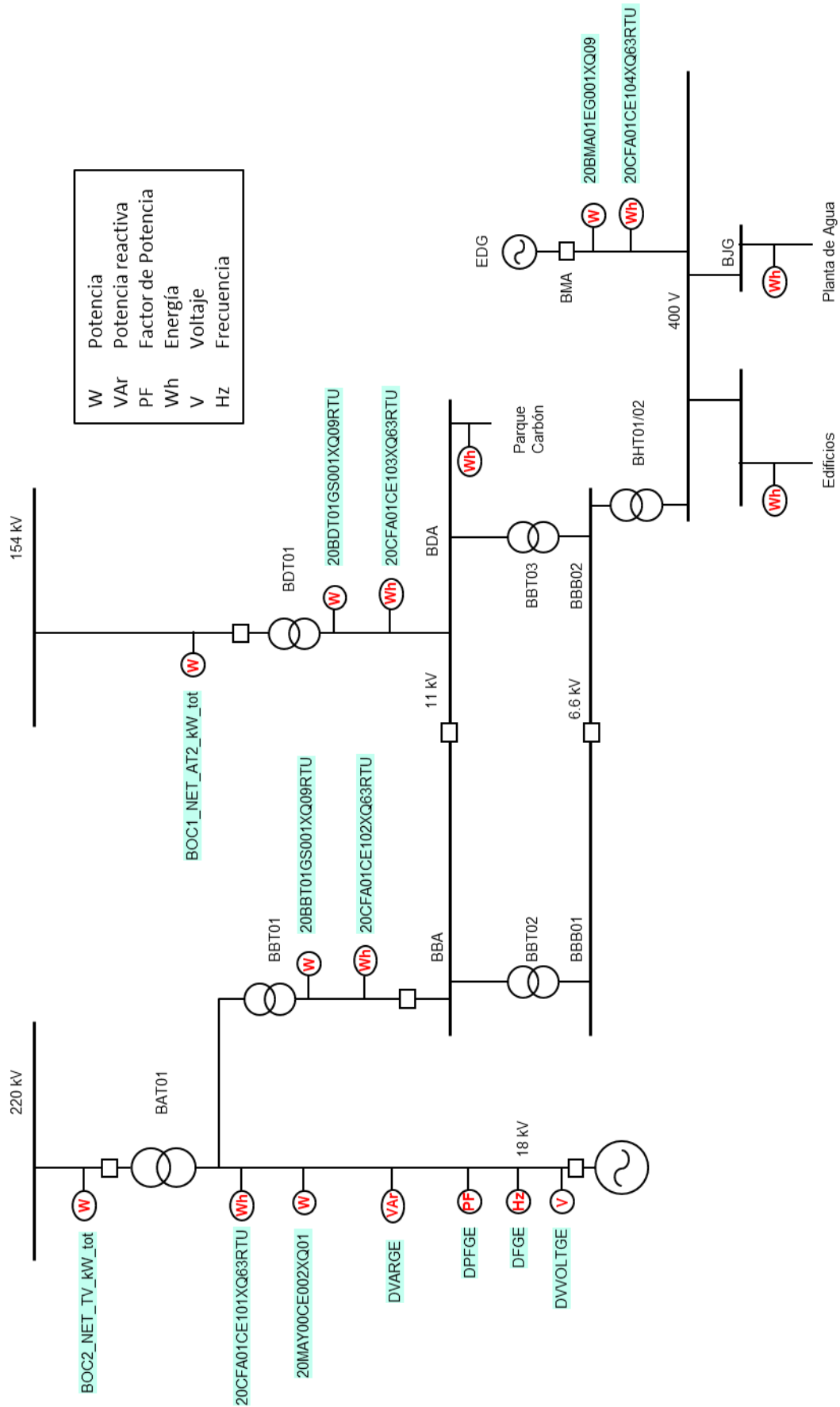
VARIABLES DE OPERACIÓN BOCAMINA 2			
	IDENT	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
	Caudales ciclo agua-vapor		
113	20LCA21DF001XQ01	CONDENSATE FLOW	t/h
114	20LCA21DF002XQ01	CONDENSATE FLOW	t/h
115	20LCC24CF001XQ01	CONDENSATE FLOW DOWNSTREAM HEAT EXCH	t/h
116	20LAB40CF001AXQ01	FEED WATER FLOW TO ECON	t/h
117	20LAB40CF001BXQ01	FEED WATER FLOW TO ECON	t/h
118	20LAE10CF001AXQ01	FEED WATER F INTO INJECT 1A	t/h
119	20LAF10CF001XQ01	HRH STEAM ATTEMPERATION FLOW	t/h
120	20LBA10DCF001XQ01	OUTLET SH STEAM FLOW LINE1	t/h
121	20LBA20CF001XQ01	OUTLET SH STEAM FLOW LINE2	t/h
122	20LBC41CF001XQ01	STEAM FLOW BEFORE RH1	t/h
123	20LBC42CF001XQ01	STEAM FLOW BEFORE RH1	t/h
124	20HAD11CF001XQ01	CONTINUOUS BLOWDOWN FLOW	t/h
125	20LBG22CF001XQ01	AUX STEAM FROM CRH FLOW	kg/h
126	20LBG23CF001XQ01	AUX STEAM FROM MS FLOW	kg/h
127	20LCA14CF001XQ01	MAKE-UP WATER FLOW	t/h
128	20GHC17CF001XQ01	DEMI WTR FLOW FROM DEMI PLANT	m3/h
129	20GHC10DF001XQ01	DEMI WATER DISTR FLOW RATE	t/h
130	20PAB40CF001XQ01	SEA WATER OUTLET FLOW	m3/h
	Niveles		
131	20GHC10DL001XQ01	DEMI WATER TANK LEVEL	%
132	20LAA20DL001XQ01	DEARETR TK INL SIDE LEVEL	%
133	20LCA14DL001XQ01	CONDENSATE STORAGE TANK LEVEL	%
134	20MAG20DL001XQ01	CONDENSER LEVEL	%
135	20HAD10CL001XQ01	DRUM LEVEL	mm
136	20HFA10CL001XQ01	LEVEL COAL BUNKER 1	m
137	20HFA20CL001XQ01	LEVEL COAL BUNKER 2	m
138	20HFA30CL001XQ01	LEVEL COAL BUNKER 3	m
139	20HFA40CL001XQ01	LEVEL COAL BUNKER 4	m
	Presiones aire-humos		
140	20HFC10CP010XQ01	DIFFERENTIAL PRESSURE MILL 1	kPa
141	20HFC20CP010XQ01	DIFFERENTIAL PRESSURE MILL 2	kPa
142	20HFC30CP010XQ01	DIFFERENTIAL PRESSURE MILL 3	kPa
143	20HFC40CP010XQ01	DIFFERENTIAL PRESSURE MILL 4	kPa
144	20HBK01CP001XQ01	FLUE-GAS P IN FURNANCE	kPa
	Caudales aire		
145	20HFE31CF001XQ01	COLD AIR F TO MILLS	Nm3/h
146	20HLA10CF001XQ01	Caudal Aire aspiración VAS1	Nm3/h
147	20HLA20CF001XQ01	Caudal Aire aspiración VAS2	Nm3/h
148	20HLA25CF001XQ01	TERTIARY AIR FLOW 2	Nm3/h
	Temperaturas molinos		

VARIABLES DE OPERACIÓN BOCAMINA 2			
	IDENT	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
149	20HFC10CT001XQ01	T OF CLASSIFIER 1 MILL 1	°C
150	20HFC20CT001XQ01	T OF CLASSIFIER 1 MILL 2	°C
151	20HFC30CT001XQ01	T OF CLASSIFIER 1 MILL 3	°C
152	20HFC40CT001XQ01	T OF CLASSIFIER 1	°C
	Temperaturas aire-humos		
153	20HLA12CT001XQ01	AIR T BEHIND SAH L	°C
154	20HLA22CT001XQ01	AIR T BEHIND SAH L	°C
155	20HLA14CT001XQ01	AIR T TO BURNERS	°C
156	20HLA24CT001XQ01	AIR T TO BURNERS	°C
157	20HFE12CT001XQ01	PRIMARY AIR T BEHIND RAH	°C
158	20HFE22CT001XQ01	PRIMARY AIR T BEHIND RAH	°C
159	20HNA10CT001XQ01	FUE GAS T BEFORE RAH 1	°C
160	20HNA10CT002XQ01	FUE GAS T BEFORE RAH 1	°C
161	20HNA20CT001XQ01	FUE GAS T BEFORE RAH 2	°C
162	20HNA20CT002XQ01	FUE GAS T BEFORE RAH 2	°C
163	20HNA12CT001XQ01	FLUE GAS T BEHIND LJ	°C
164	20HNA12CT002XQ01	FLUE GAS T BEHIND LJ	°C
165	20HNA22CT001XQ01	FLUE GAS T BEHIND LJ	°C
166	20HNA22CT002XQ01	FLUE GAS T BEHIND LJ	°C
167	20HLA10CT001XQ01	Temperatura aspiración VAS1	°C
168	20HLA20CT001XQ01	Temperatura aspiración VAS2	°C
169	20HTA10CT101XQ01	RAW FLUE GAS TEMP GGH INLET	°C
	Temperaturas vapor		
170	20LBA10DCT001XQ01	OUTLET SH STEAM T1 LINE1	°C
171	20LBA20CT001XQ01	OUTLET SH STEAM T1 LINE2	°C
172	20LBA30DT001XQ01	HP STEAM HEADER TEMPERATURE	°C
173	20LBC20CT001XQ01	CRH STEAM T FROM TURBINE	°C
174	20LBC20DT001XQ01	CRH STEAM TEMPERATURE	°C
175	20LBB30DT001XQ01	HRH STEAM HEADER TEMPERATURE	°C
176	20LBB30CT008XQ01	HRH STEAM T TO STEAM TURBINE	°C
177	20LBQ80CT001XQ01	TURB HP DISCH STEAM TEMPERATURE	°C
178	20LBQ70CT001XQ01	CHR STEAM TEMP	°C
179	20LBQ60CT001XQ01	TURBINE IP STAGE STEAM TEMP	°C
180	20LBS50CT001XQ01	IP STEAM TURBINE DISCHARGE TEMP	°C
181	20LBS40CT001XQ01	LP EXTR TEMP TO LP4	°C
182	20LBS30CT001XQ01	LP EXTR TEMP TO LP3	°C
183	20LBS20CT001XQ01	LP EXTR TEMP TO LP2	°C
184	20LBS10CT001XQ01	LP EXTR TEMP TO LP1	°C
185	TTEXH1GE	EXHAUST STEAM TEMP #1	°C
186	20MAG10CT001XQ01	CONDENSER STEAM TEMPERATURE	°C
187	20LBG40CT001XQ01	AUXILIARY STEAM T	°C

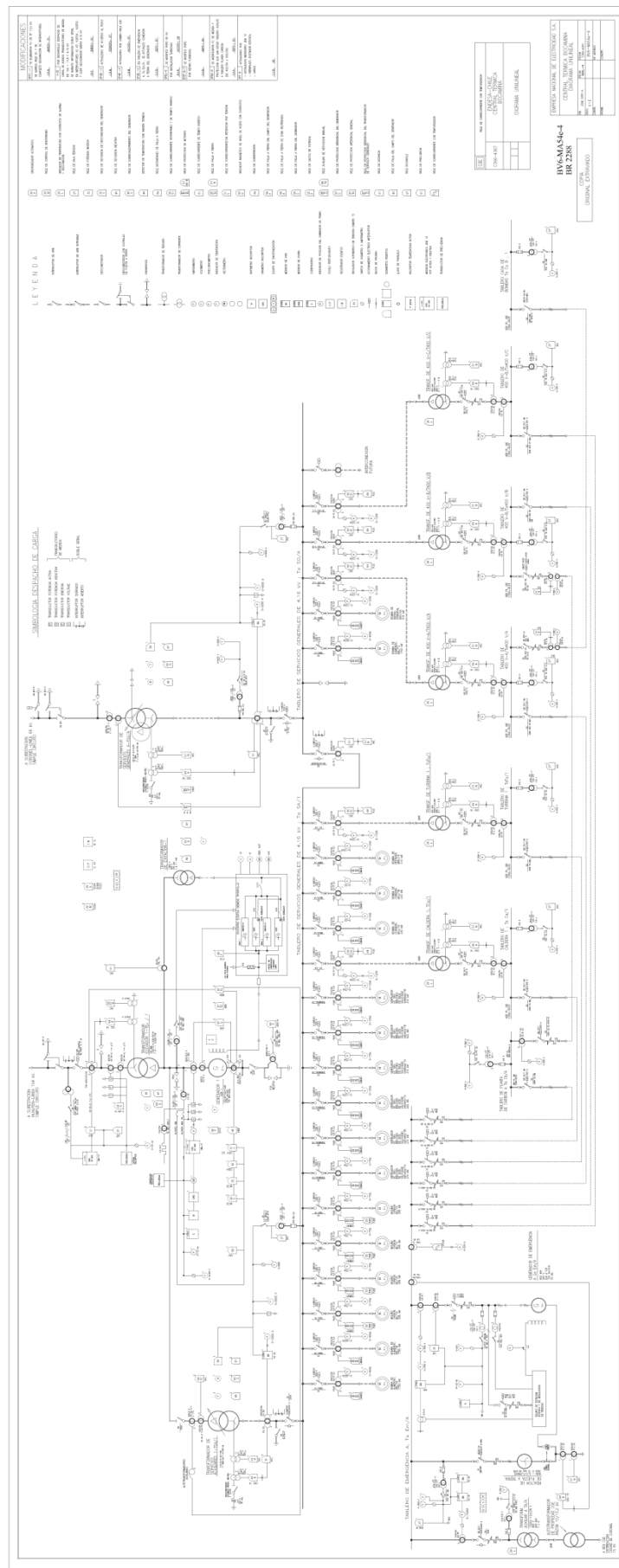
VARIABLES DE OPERACIÓN BOCAMINA 2			
	IDENT	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
188	TTASHGE	STEAM SEAL HEADER TEMP	°C
	Temperaturas agua alimentación/condensado		
189	20LCA14CT001XQ01	COND STORAGE TANK TEMPERATURE	°C
190	20MAG20CT003XQ01	CONDENSER WATER TEMPERATURE	°C
191	20LCA21CT001XQ01	GLAND COND INLET TEMP	°C
192	20LCC24CT005XQ01	EXCH 4 OUTLET TEMP	°C
193	20LAA20CT001XQ01	DEAERATOR TK TEMP	°C
194	20LAB40CT001XQ01	FW TEMP TO ECON	°C
	Temperaturas agua mar		
195	20PAB20CT001XQ01	CW INL CONDENSER WTRBOX 1 TEMP	°C
196	20PAB20CT002XQ01	CW INL CONDENSER WTRBOX 2 TEMP	°C
197	20PAB20CT003XQ01	CW OUTL CONDENSER WTRBOX 1 TEMP	°C
198	20PAB20CT004XQ01	CW OUTL CONDENSER WTRBOX 2 TEMP	°C
199	20PAB40CT001XQ01	CIRC WATER OUTL TEMP	°C

ANEXO V: UNILINEAL Y MEDIDAS ELÉCTRICAS

DIAGRAMA UNILINEAL SIMPLIFICADO Y SITUACIÓN DE LAS MEDIDAS ELÉCTRICAS PRINCIPALES

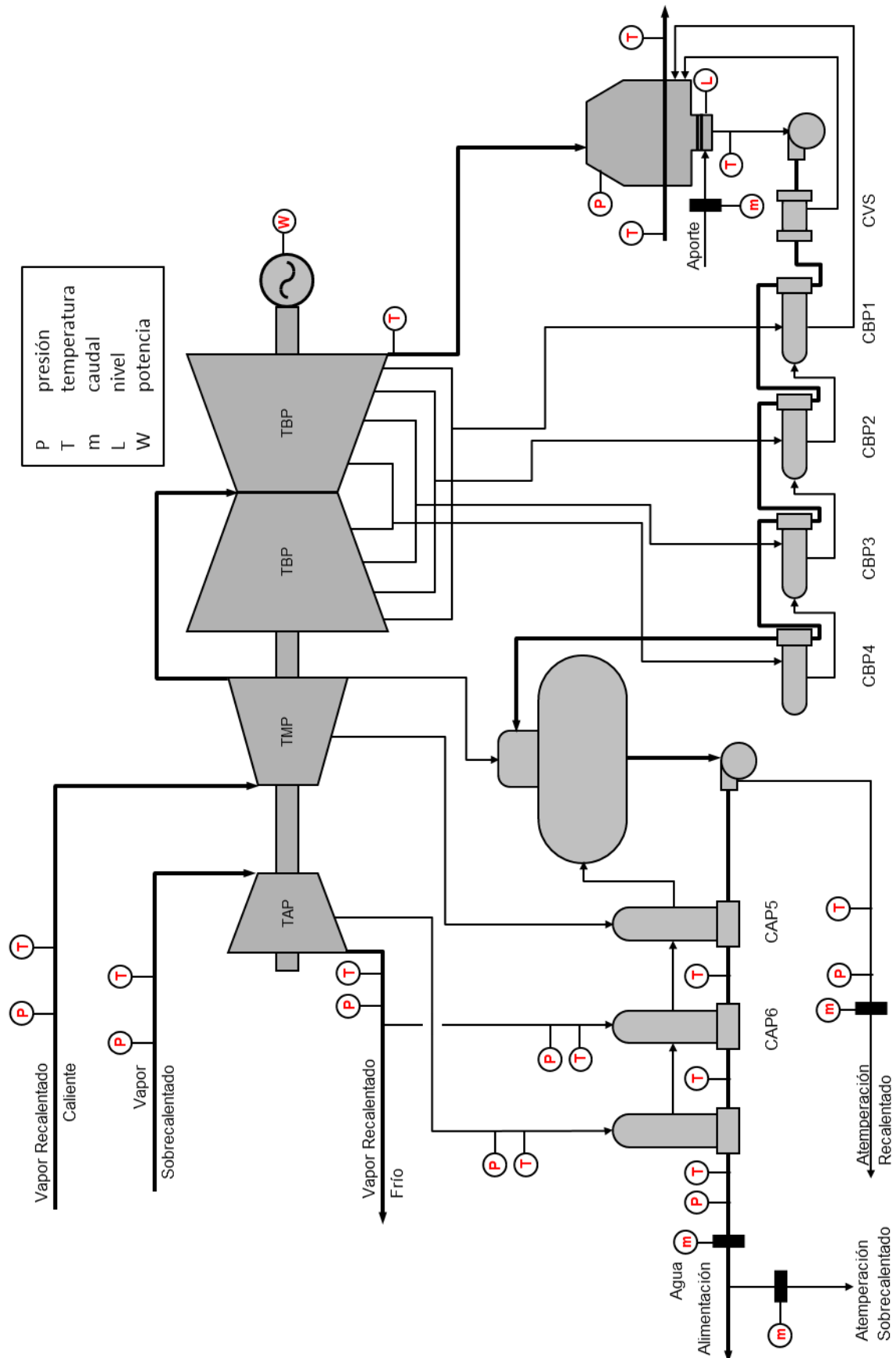


Instrumentación principal Eléctrica Pruebas Central Bocamina 2

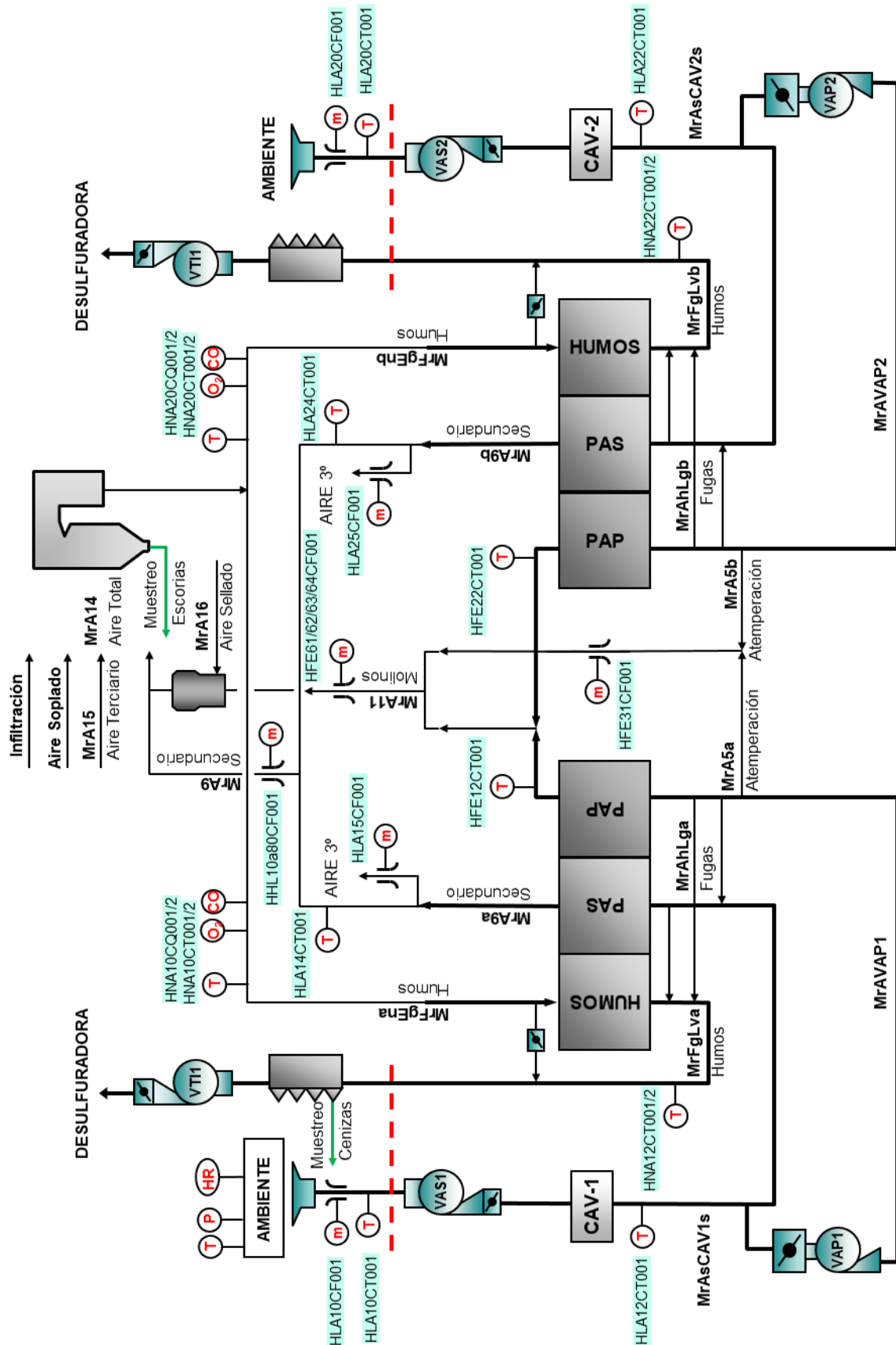


ANEXO VI: ESQUEMA DE INSTRUMENTACIÓN

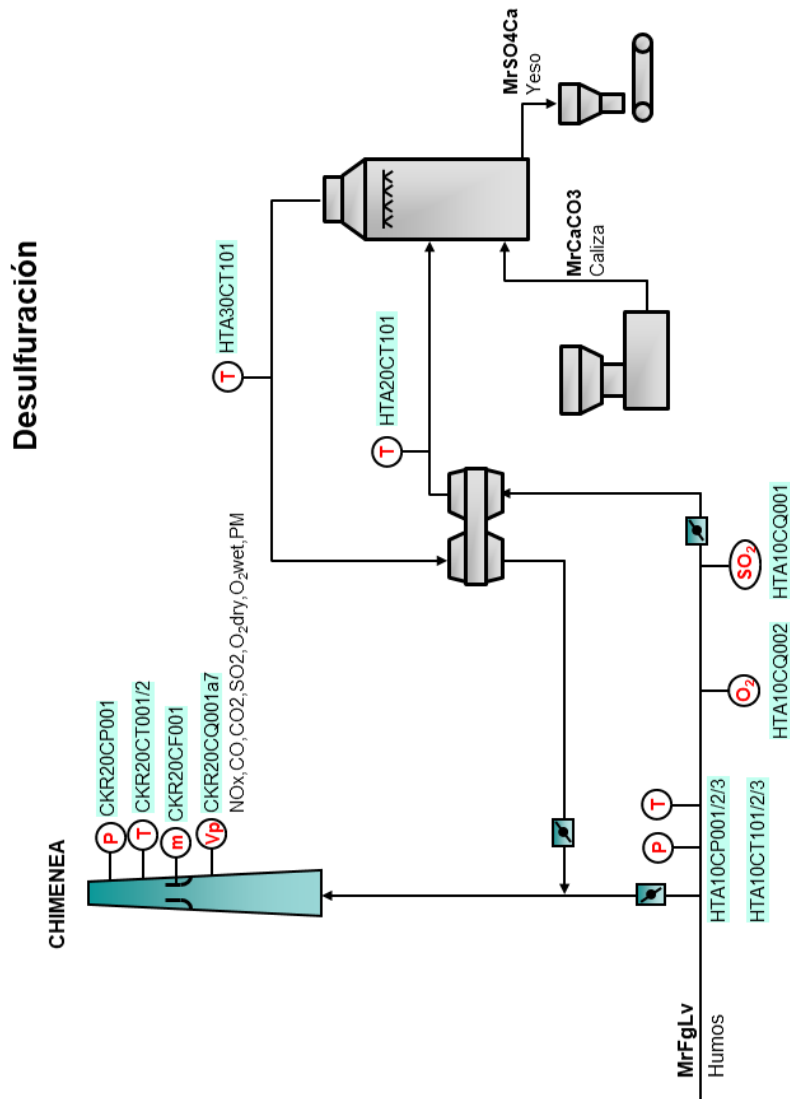
ESQUEMA DE LA PLANTA CON LA INSTRUMENTACIÓN PRINCIPAL UTILIZADA EN LAS PRUEBAS



Instrumentación principal Ciclo TV Pruebas Central Bocamina 2



Instrumentación principal Caldera
Pruebas Central Bocamina 2



**Instrumentación principal Caldera
Pruebas Central Bocamina 2**

ANEXO VII: MUESTREO DE CARBÓN

**MANUAL DE OPERACIÓN: PUBLICACIÓN N° 8.5: METODOLOGÍA PODER
CALORIFICO Y SEGUIMIENTO EFICIENCIA EN CENTRALES TÉRMICAS A
CARBÓN**



AnexoVII_Muestreo
Carbón_Alimentado

Anexo VII_MuestreoCarbónAlimentadores_BO2.pdf

ANEXO VIII: DETERMINACIÓN DE INQUEMADOS EN CENIZAS

PROCEDIMIENTO INTERNO DE LA CENTRAL DE BOCAMINA 2 PARA LA DETERMINACIÓN DEL CARBONO INQUEMADO EN LAS CENIZAS

ENDESA LABORATORIO QUIMICO CENTRALES TERMICAS DEL SUR	ARCH. II	ORDEN N° 08
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO		
DIRIGIDO A: ANALISTA QUIMICO Y SUPERVISOR QUIMICO	REFERENCIA: DETERMINACIÓN DEL MATERIAL NO QUEMADO	

1. INTRODUCCIÓN

Este procedimiento tiene la función de poder determinar la cantidad de material no quemado de carbón presente en la ceniza, en las tolvas de los precipitadores mecánicos (a la salida de los ~~Ljungstroems~~). El sentido de realizar dicha determinación gravimétrica, es el de poder cuantificar cual es la pérdida real por material ~~incombustionado~~ (rendimiento de la combustión).

2.- MEDIDAS DE PROTECCION HACIA LAS PERSONAS Y MEDIO AMBIENTE

Uso de elementos de protección personal, guantes de alta temperatura.

3. OBJETIVO

Determinar el porcentaje, %, de carbón ~~incombustionado~~ que se encuentra en las cenizas

4. PROCEDIMIENTO

1. El operador debe estar provisto de guantes de asbesto puño largo y todos sus elementos de seguridad.
2. Sacar la tapa de la tolva a muestrear.
3. Tomar la muestra, con el muestreador. (Cilindro de 150 mm de diámetro y 250 mm de alto, y una asa metálica de 1000 mm de largo.
4. Poner y atornillar la tapa de la toma muestra.
5. Cuartear y reducir la muestra de cenizas, hasta aproximadamente 350 gr.
6. De la muestra reducida tomar entre 20-30 gr. y determinar el % de cenizas en la mufla. (750 °C por 2 horas)

	CENTRAL TERMICA TARAPACA	
PAIS: CHILE		Nº:
EMPRESA: CELTA	METODO DE ANALISIS DE CENTRAL TARAPACA	PAG 1 DE 1
DIRIGIDA A:	REFERENCIA:	MODIF. Nº: 0
Analistas Químicos	<i>DETERMINACIÓN DE CARBONO NO QUEMADO EN CENIZAS</i> Pp.: Antonio Núñez	FECHA :15/05/2003

1. OBJETIVO

Determinar el contenido de carbón no quemado presente en una muestra de ceniza

2. PROCEDIMIENTO

INSTRUMENTOS Y MATERIALES A UTILIZAR

- Mufla
- Balanza analítica
- Desecador
- Crisoles y/o cápsulas de porcelana

PROCEDIMIENTO

- Pesar la cápsula de porcelana vacía, este valor será P1
- Pesar en la cápsula aproximadamente 10 g de ceniza, este valor será P2
- Poner la cápsula de porcelana en la mufla, encenderla y llevarla a 750 °C. Calcinar las muestras de ceniza durante 2 horas a 750 °C, es decir, las 2 horas se comienzan a contabilizar cuando la mufla llega a los 750 °C. Una vez transcurrida las 2 horas, apagar la mufla y dejar enfriar
- Retirar las muestras de la mufla y colocarlas en un desecador, una vez fría las muestras, retirarlas del desecador y pesarlas en balanza analítica, este valor será P3

CALCULO DE LOS NO QUEMADOS

$\% \text{ DE CARBON NO QUEMADO} = (P2-P3)*100/(P2-P1)$

ELABORO:		
Antonio Núñez		

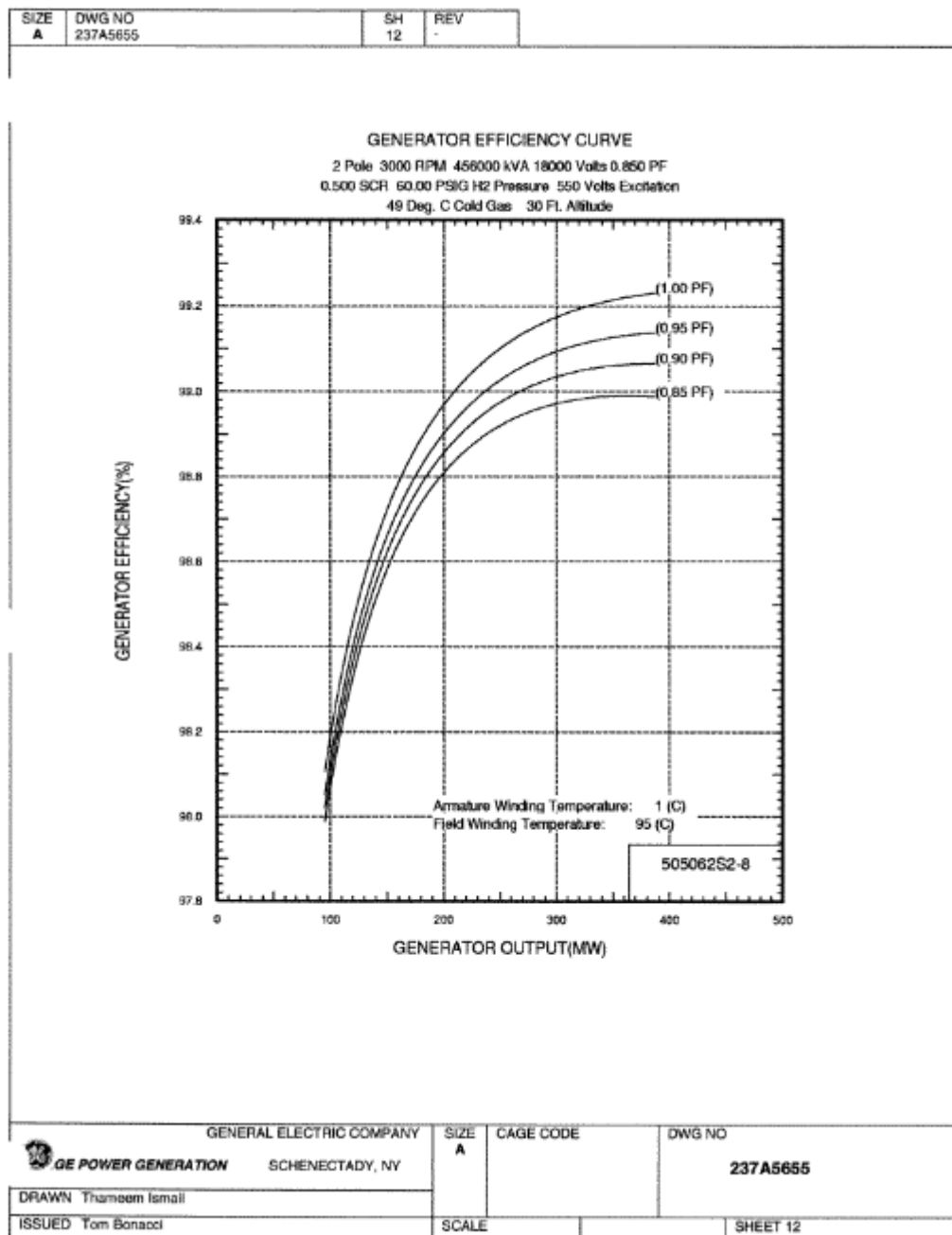
ANEXO IX: CURVAS DE CORRECCIÓN

CURVAS DE CORRECCIÓN DE LA CENTRAL BOCAMINA 2

Pruebas de Potencia Máxima Central Bocamina 2

Propuesta Curva Pérdidas del Generador

- 1) En los antecedentes, Documento "Generator_237A5655.tif", aparecen las curvas de pérdidas y rendimiento del generador en función de la Potencia y del factor de potencia.



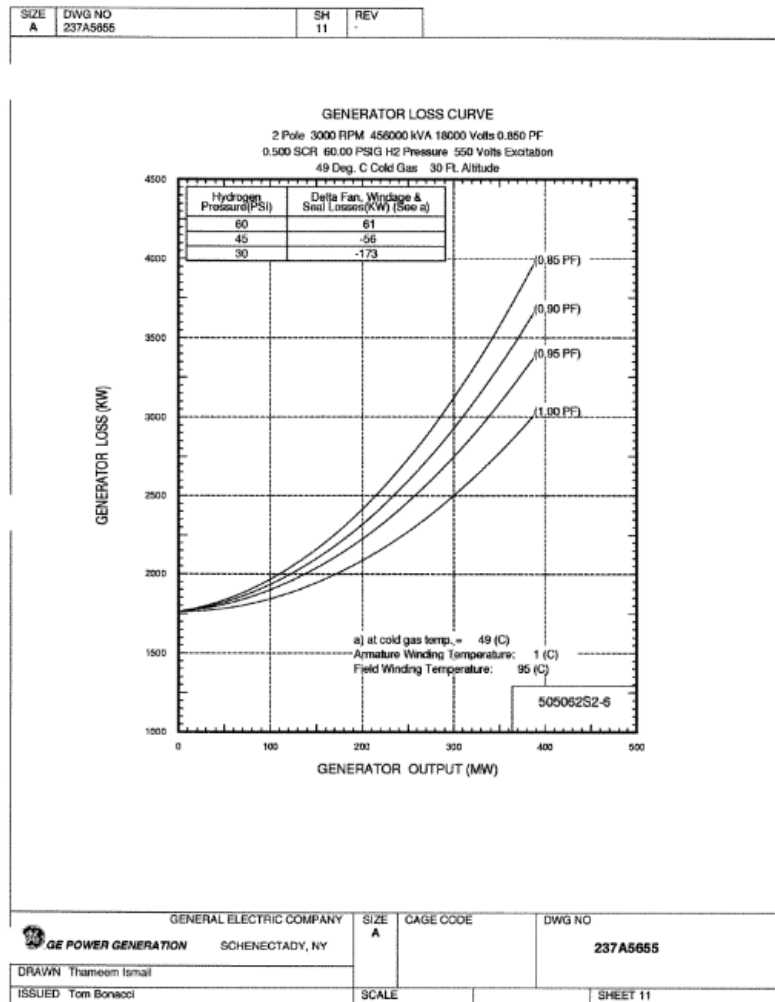
La regresión que corresponde a estas curvas es

$$\text{Rendimiento (\%)} = (95.656 + 6.6621\text{e-}2 * ':\text{Potb}' - 4.5411\text{e-}4 * ':\text{Potb}'^2 + 1.5789\text{e-}6 * ':\text{Potb}'^3 - 2.805\text{e-}9 * ':\text{Potb}'^4 + 1.9957\text{e-}12 * ':\text{Potb}'^5 - 3.1826 * ':\text{FP}' + 1.9992 * ':\text{FP}'^2 + 2.7452\text{e-}3 * ':\text{FP}' * ':\text{Potb}')$$

Con un Coeficiente de determinación $R^2 = 0.99987875$

Y la potencia de pérdidas se calculará mediante

$$\text{Pérdidas (MW)} = (100 / \text{Rendimiento} - 1) * \text{Potb}$$



La corrección aditiva a la Potencia Bruta que se mida en las pruebas se obtendrá de estas curvas por diferencia entre: el valor de pérdidas para el FP medido en la prueba y el valor para el FP de referencia SITIO (0.95).

$$\text{Potb_FPref} = \text{Potb_meas} + \text{GenLoss_FPmeas} - \text{GenLoss_FPref}$$

Propuesta Curva Corrección Potencia por temperatura agua mar

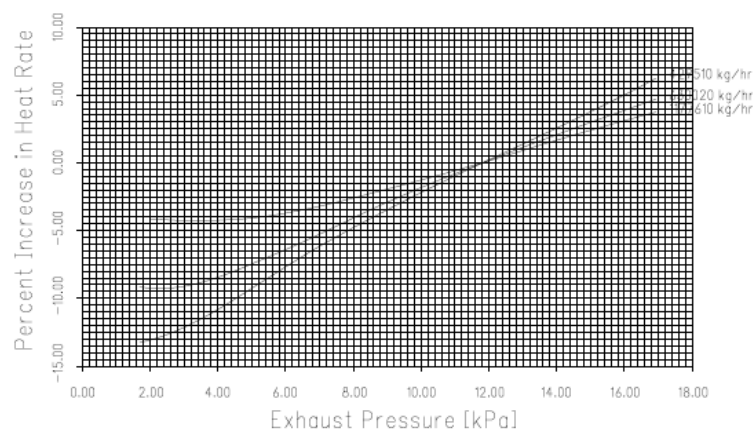
En el documento “Curvas_Corrección_IPS505062_270T772_TD118.pdf” entregado con los Antecedentes e Información Técnica, aparece la curva de corrección del “heat rate” por presión de escape de la turbina de vapor, que será la utilizada en las Pruebas de Potencia Máxima para corregir a la Temperatura de mar de referencia SITIO.

Exhaust Pressure Correction Factors

369989. KW 4.91 kPa 0.5 PCT MU
Maire Engineering
Bocamina II – 270T772
TC2F 42.0 IN LSB 3000 RPM
16669. KPA 538./538. T

Method of using curves

1. Flows near curves are throttle flows at 16669.4 kPa and 538.0 deg C.
2. These correction factors assume constant control valve opening.
3. Apply corrections to heat rates and kW loads at 11.80 kPa and 3.0% MU.
4. The percent change in kW load for various exhaust pressures is equal to (minus Pct increase in Heat Rate) 100/(100 + Pct increase in Heat Rate).
5. These corrections factors are not guaranteed.
6. Correction factors give change in Net Heat Rate.



La regresión obtenida para estas curvas es:

$$\begin{aligned} \text{Impacto Heat Rate (\%)} = & -27.39 + 0.39016 * ':\text{MrSt32p}' - 1.5318\text{e-}3 * ':\text{MrSt32p}'^2 + 231.18 * \\ & ':\text{PStCondP}' + 338.41 * ':\text{PStCondP}'^2 - 2303.9 * ':\text{PStCondP}'^3 - 4.207 * \\ & ':\text{MrSt32p}' * ':\text{PStCondP}' + 5.819 * ':\text{MrSt32p}' * ':\text{PStCondP}'^2 + 1.4392\text{e-}2 * \\ & ':\text{MrSt32p}'^2 * ':\text{PStCondP}' \end{aligned}$$

Donde MrSt32p es el porcentaje de caudal de vapor con respecto al máximo (VVO) y PStCondP la presión del condensador. El Coeficiente de determinación $R^2 = 0.98094055$

La corrección a la Potencia bruta es el inverso de la corrección del “heat rate”

$$\text{Power Correction (\%)} = - \text{Heat Rate Correction (\%)}$$

La utilización de estas curvas requiere disponer de un modelo de comportamiento del condensador que para los datos de entrada: caudal de refrigeración, carga térmica, y temperatura de entrada, calcule la presión objetivo del condensador. Igualmente se debe disponer de un modelo para calcular la carga térmica del condensador a partir de las medidas efectuadas en la prueba.

Alternativamente podrían utilizarse las curvas de vacío que aparecen en el documento entregado con los Antecedentes "Curvas_Corrección_IPS505062_270T772_TD118.pdf", pero perdiendo la variabilidad con el caudal de agua de refrigeración.

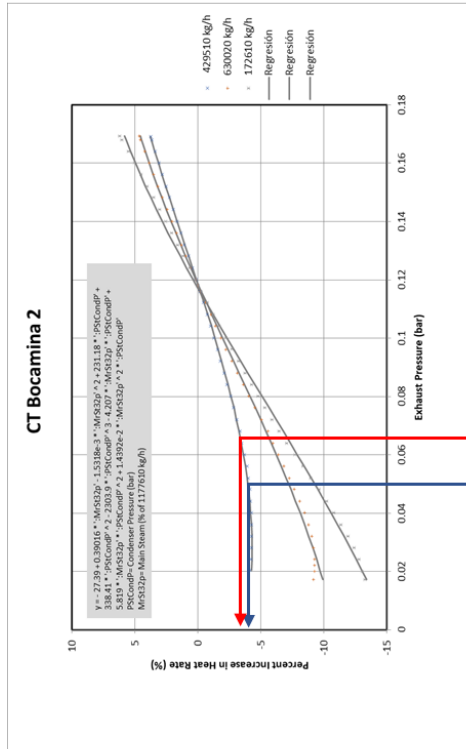
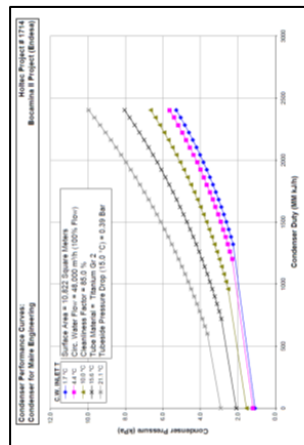
Con la aplicación repetida del modelo de condensador y de estas curvas partiendo de la temperatura del mar medida en las pruebas y de la temperatura de referencia sitio, se obtendrán dos impactos cuya diferencia será el impacto a aplicar para corregir la potencia bruta.

Resumiendo, el impacto en CEN o Potmax debe obtenerse en 3 pasos:

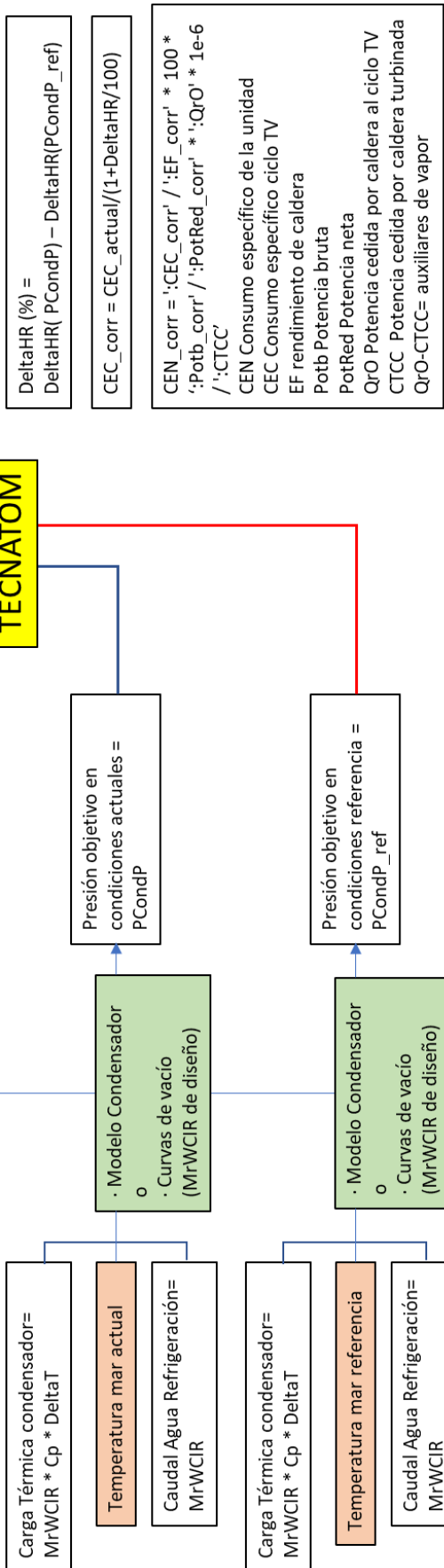
- Para la temperatura mar actual obtener la presión objetivo actual con un modelo de condensador. Entrar en las curvas (regresión) y obtener el impacto para Tmar_meas
- Para la temperatura mar referencia obtener la presión objetivo de referencia con un modelo de condensador. Entrar en las curvas (regresión) y obtener el impacto para Tmar_Ref
- El impacto sobre el HR del ciclo de vapor a aplicar para corregir a condiciones de referencia será la diferencia entre los dos impactos anteriores.

La siguiente figura representa los pasos a seguir.

CONSUMO ESPECÍFICO CICLO TURBINA CORREGIDO



TECNATOM



ANEXO X: MODELO CÁLCULO PRUEBAS POTENCIA MÁXIMA

MODELO CÁLCULO PRUEBAS POTENCIA MÁXIMA **CENTRAL BOCAMINA 2**



AnexoX_ModeloCál
culo_BO2.pdf

Anexo X_ModeloCálculo.pdf

ANEXO XI: MODELO CÁLCULO INCERTIDUMBRES

EJEMPLO DE MODELO CÁLCULO INCERTIDUMBRES PARA LA CENTRAL DE BOCAMINA 2



AnexoXI_ModeloInc
ertidumbres_BO2.pc

Anexo XI_ModeloIncertidumbres.pdf