

Empresa: Coordinador Eléctrico Nacional

País: Chile

Proyecto: Central Térmica Santa María

Descripción: Informe de Pruebas de Potencia Máxima - TV

Código de Proyecto: EE-2020-113

Código de Informe: EE-EN-2021-0119

Revisión: A



25 de enero de 2021



Este documento EE-EN-2021-0119-RA fue preparado para Coordinador Eléctrico Nacional por Estudios Eléctricos. Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Andrés Capalbo
Coordinador Dpto. Ensayos e Ingeniería
andres.capalbo@estudios-electricos.com

Ing. Pablo Rifrani
Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería
pablo.rifrani@estudios-electricos.com

www.estudios-electricos.com

Este documento contiene 69 páginas y ha sido guardado por última vez el 25/01/2021 por César Colignon, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	25/Ene/2021	Informe para entregar	AC	CC	PR
B					
C					
D					

Todas las firmas digitales pueden ser validadas y autenticadas a través de la web de Estudios Eléctricos; <http://www.estudios-electricos.com/certificados>.



Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	RESUMEN EJECUTIVO.....	6
3	OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA.....	7
3.1	Objetivo.....	7
3.2	Condiciones Particulares	7
3.3	Experto Técnico.....	7
3.4	Representante empresa generadora	7
3.5	Representante del Coordinador Eléctrico Nacional.....	8
3.6	Observador de otro Coordinado	8
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA	9
4.1	Descripción general de la planta	9
4.2	Descripción de las unidades de generación	10
4.3	Condiciones de referencia y curvas de corrección.....	13
4.3.1	Metodología de corrección	16
4.4	Instrumentación y mediciones.....	16
4.4.1	Metodología	17
4.4.2	Instrumentación principal	18
4.4.3	Mediciones complementarias	19
4.5	Toma de muestras de carbón	20
5	REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.....	21
5.1	Chequeos preliminares	21
5.2	Desarrollo de las pruebas.....	21
5.2.1	Verificaciones previas.....	21
5.3	Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba	22
5.4	Período de prueba.....	23
6	METODOLOGÍAS APLICABLES Y RESULTADOS	25
6.1	Reducción de datos y estabilidad.....	25
6.2	Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA)	25
6.3	Correcciones aplicables a la potencia bruta.....	27
6.4	Cálculo referencial de la Potencia Neta	29



6.5	Cálculo del promedio final	30
6.6	Tabla Resumen general	30
6.7	Cálculo de incertidumbre	33
7	CONCLUSIONES	34
8	NORMATIVA	35
9	ANEXOS	36
9.1	Hoja de datos de generadores	36
9.2	Puntos de medición.....	38
9.2.1	Potencia bruta	38
9.2.2	Potencia neta	42
9.2.3	Temperatura de agua de circulación	50
9.3	Instrumentos de medición	51
9.3.1	Potencia bruta/FP.....	51
9.3.2	Potencia neta	55
9.3.3	Temperatura de agua de circulación	58
9.4	Curvas de corrección	61
9.5	Acta de ensayos.....	64
9.6	Análisis de combustible.....	68



1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las tareas, ensayos y cálculos realizados para obtener el valor de **Potencia Máxima de la unidad de la Central Térmica Santa María utilizando como combustible carbón** en los términos establecidos en el “ANEXO TÉCNICO: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.

Para la ejecución de las pruebas se siguió el protocolo:

EE-EN-2020-1813-RD_Procedimiento_Potencia_Maxima_CT_Santa_Maria

La Central Térmica Santa María, perteneciente a Colbún S.A., está ubicada en la comuna de Coronel en la región del Biobío y consta de una turbina de vapor General Electric, modelo 270T771, vinculada a un generador 290T771.



2 RESUMEN EJECUTIVO

En la etapa de diseño del protocolo de pruebas se exploraron distintas alternativas tendientes a efectuar las mediciones necesarias para determinar la potencia bruta máxima de acuerdo con las especificaciones establecidas por el Anexo Técnico “*Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras*” y la norma aplicable ASME PTC6.

Las pruebas se ejecutaron el 14 de diciembre de 2020 en presencia de Alexis Sepúlveda por parte del Coordinado (Colbún S.A.) y Andrés Capalbo como Experto Técnico (Estudios Eléctricos).

Durante el período de pruebas se verificó que la unidad logra controlar en forma estable su potencia en bornes desde la sincronización hasta el fin de la prueba. En total se registraron 5 Hs en condiciones de potencia máxima, luego de finalizado el período de estabilización. Durante el desarrollo de las pruebas se operó la unidad en carga base y se buscó obtener un factor de potencia lo más cercano posible a 0.95, utilizando el modo de control de potencia reactiva del AVR.

Para la determinación del valor de Potencia Máxima se procesaron los datos registrados en terreno, verificación de estabilidad, promediado y finalmente las correcciones por factor de potencia y temperatura tal como indica el Anexo Técnico.

Finalmente, se determinó un valor de **Potencia Máxima Bruta de 374,0 MW** para la unidad utilizando como combustible carbón.



3 OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA

3.1 Objetivo

El Anexo Técnico indica que se debe determinar por ensayo el valor de Potencia Máxima que será aquel valor de potencia activa bruta que sea sostenible durante al menos 5 horas, dentro del período de medición de la prueba y en conformidad con el protocolo de prueba.

3.2 Condiciones Particulares

Debido al contexto sanitario de pandemia COVID-19, según lo indicado por el Coordinador, el experto técnico no se presentó en las instalaciones del coordinado, sino que guio y supervisó su desarrollo de forma remota.

Desde planta las pruebas fueron dirigidas, con la supervisión del experto técnico, por el inspector sustituto designado por el Coordinado. Para las pruebas de la Central Térmica Santa María el inspector sustituto fue **Alexis Sepúlveda**, quién se desempeña como Supervisor de Mantenimiento de la central.

En este contexto, se utilizó en todo momento un canal de comunicación bidireccional de audio y video entre el experto técnico y el inspector sustituto.

3.3 Experto Técnico

La empresa Estudios Eléctricos fue seleccionada para llevar adelante los ensayos y tareas relacionadas con la determinación de la Potencia Máxima de la unidad de la CT Santa María. El Experto Técnico designado fue el Ing. Andrés Capalbo y fue el responsable de desarrollar el protocolo de pruebas, supervisar la ejecución de todas las actividades descriptas en el mismo y redactar el presente informe.

3.4 Representante empresa generadora

Por parte de Colbún S.A., el Coordinado, estuvo presente durante las pruebas el Sr. Alexis Sepúlveda como inspector sustituto. Él fue el responsable de coordinar al personal bajo su mando en la operación de la central generadora, y de corroborar que exista personal calificado en la central de forma de poder efectuar íntegramente la prueba tal lo establecido en el protocolo. Adicionalmente, se contó con el soporte del Ing. Julián Larrea.



3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

Los Sres. Jorge Da Costa y Eduardo González se hicieron presentes de forma remota durante el desarrollo de las pruebas.

3.6 Observador de otro Coordinado

No hubo representación de otro Coordinado en terreno durante el desarrollo de las pruebas.



4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA

4.1 Descripción general de la planta

La Central Térmica Santa María pertenece a Colbún S.A., está ubicada en la comuna de Coronel en la región del Biobío y consta de una turbina de vapor General Electric, modelo 270T771, vinculada a un generador General Electric, modelo 290T771.

Se presenta a continuación, el plano de disposición general de la planta y la conexión de la unidad a la Subestación Charrúa 220kV.

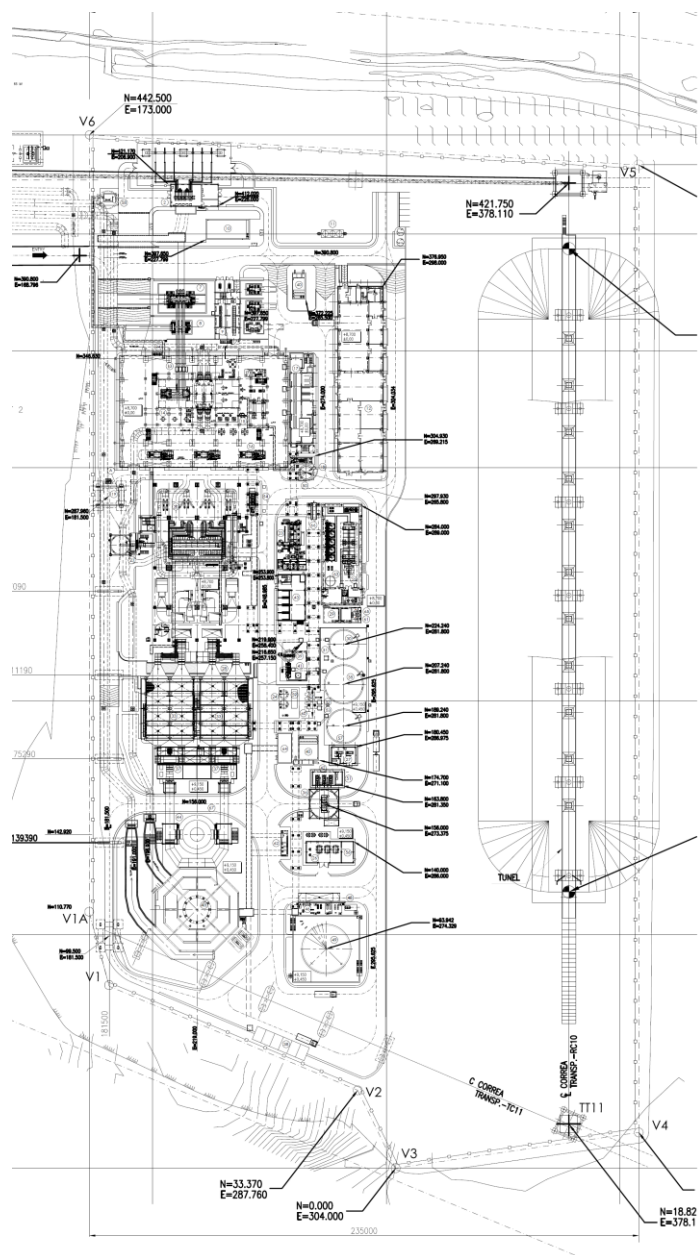


Figura 4.1 – Plano de disposición general de planta



Se presenta a continuación el diagrama unilineal de los servicios auxiliares.

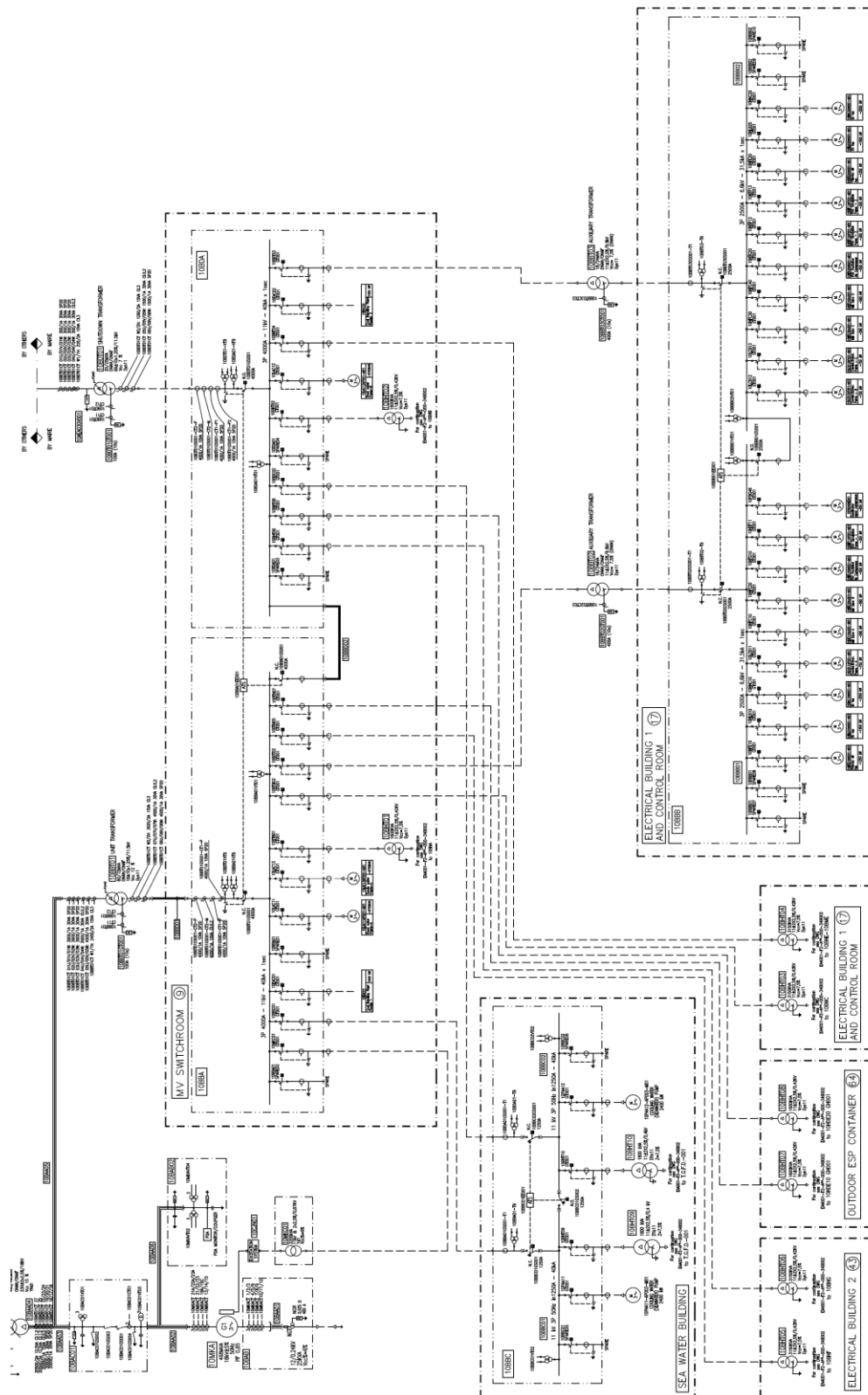


Figura 4.3 – Diagrama unilineal de servicios auxiliares



Los datos característicos de placa del generador y de la turbina de vapor se presentan a continuación. En el Anexo 9.1 se puede encontrar la hoja de datos completa de los generadores.

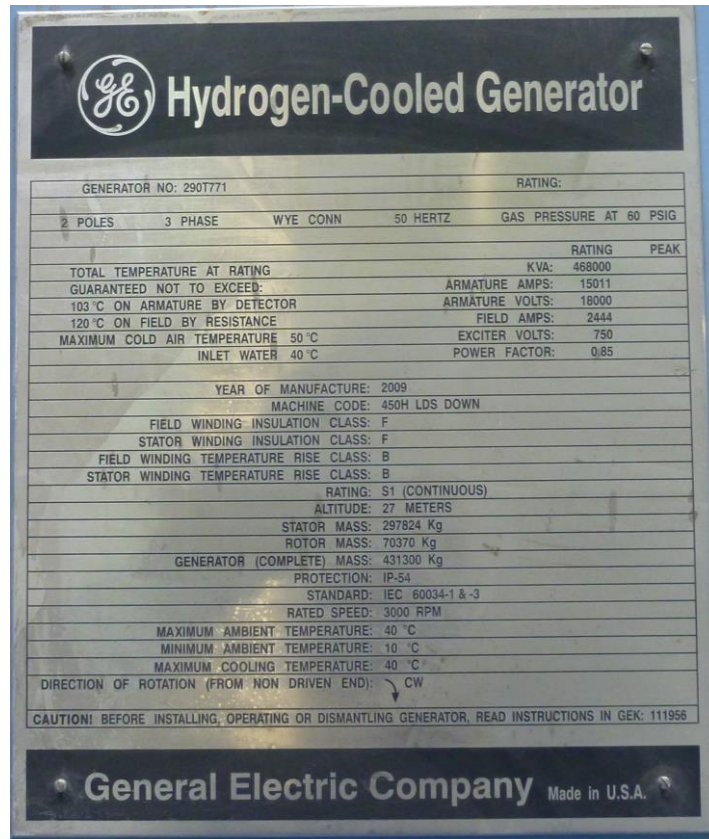


Figura 4.4 – Datos de placa del generador

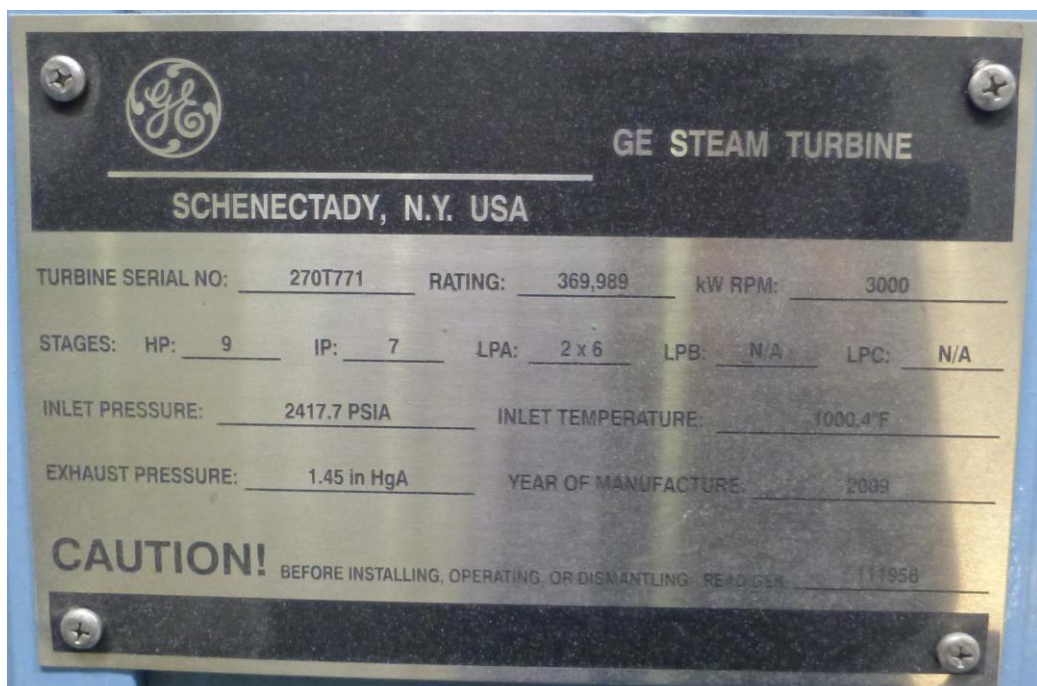


Figura 4.5 – Datos de placa de turbina de vapor



4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

A partir de la información detallada en el Heat Balance de la unidad en condiciones nominales, presentado en el documento “*THERMAL KIT_270T771_TD118.pdf*”, se considera el siguiente valor de potencia máxima esperables para la unidad de Santa María.

Unidad	Potencia [kW]
Santa María TV	369.989

Tabla 4.1 – Valores base de potencia para la unidad

Cabe mencionar que solo se presentan los parámetros de corrección que se deben considerar en base a lo estipulado en el Anexo Técnico.

Parámetro de corrección	Valor nominal
Temperatura de agua de circulación	12.75°C ²
Factor de potencia	0.85 (lagging)

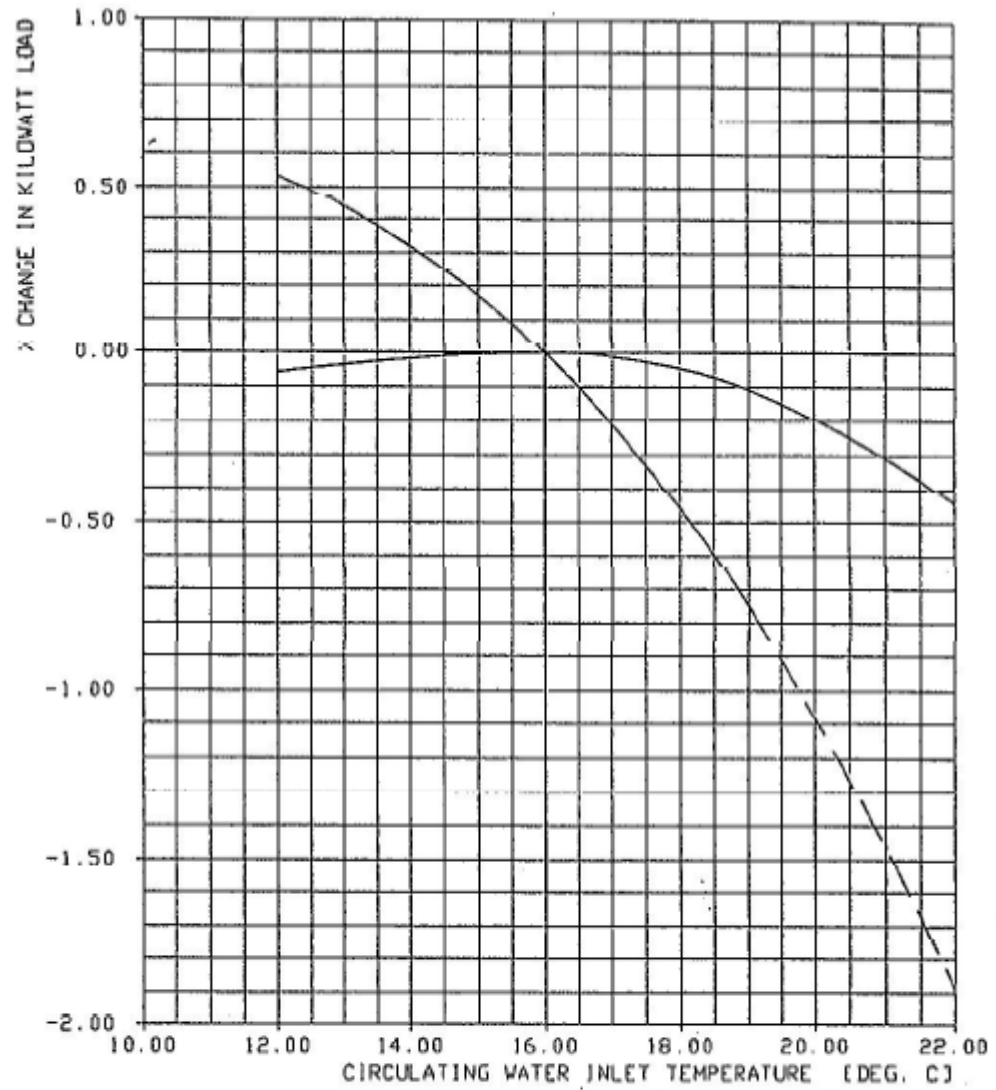
Tabla 4.2 – Condiciones nominales

Las curvas de corrección que relacionan la potencia activa con las variables de la Tabla 4.2 son las presentadas a continuación.

Siendo que el Coordinado no dispone de una curva de corrección de la potencia bruta por temperatura de agua de circulación, se propone utilizar el de una máquina similar. En este caso las partes estuvieron de acuerdo en utilizar la siguiente curva disponible públicamente³.

² Se define como condición de referencia las condiciones de SITIO de una unidad geográficamente cercana según indicado en P5 de: https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2020/11/Informe-Prueba-Potencia-M%C3%A1xima-Unidad-Bocamina-2_versi%C3%B3n-2.pdf

³ P22 Protocolo: <https://www.coordinador.cl/wp-content/old-docs/2018/08/Anexos-Informe-T%C3%A9cnico-Final-Potencia-M%C3%A1xima-Central-Termoel%C3%A9ctrica-Mejillones-Unidad-CTM2.zip>



-- -- REFER TO 50% LOAD
— — — REFER TO 100% LOAD



La siguiente curva permite calcular las pérdidas en el generador y serán utilizadas para la corrección por factor de potencia (de corresponder).

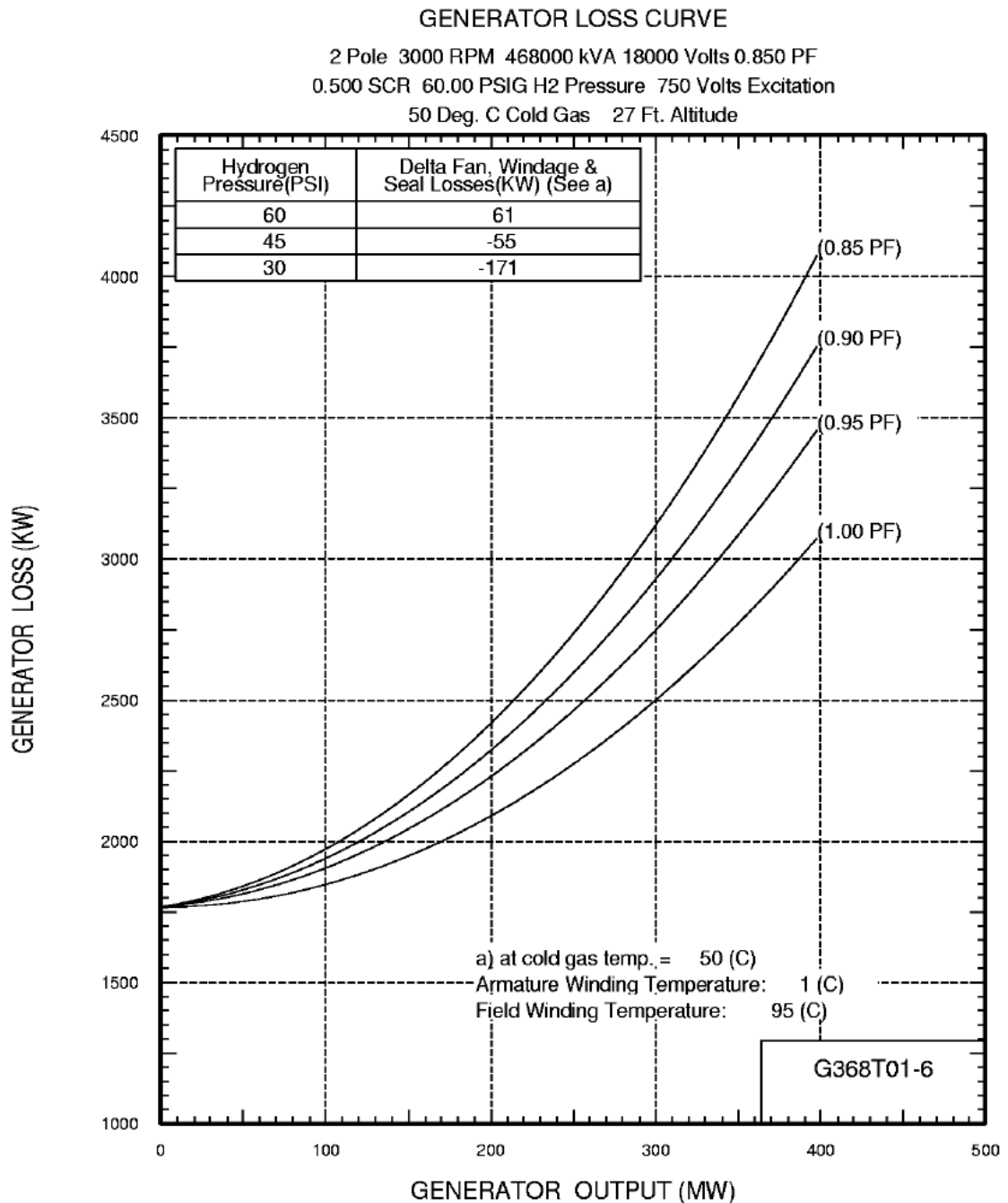


Figura 4.6 – Curva de pérdidas de generador según despacho y factor de potencia



4.3.1 Metodología de corrección

Para las correcciones del valor de potencia bruta se utilizará, cuando corresponda, las condiciones de referencia junto con las curvas mostradas anteriormente y un factor de potencia de 0.95 tal lo solicitado por el Anexo Técnico.

4.4 Instrumentación y mediciones

Según lo establecido en el Artículo 31 del Anexo Técnico, las mediciones de potencia y factor de potencia deberán realizarse con instrumentos clase 0.2, mientras que la norma ASME PTC 6 establece que la clase de los transformadores de instrumentación debe ser 0.3 o mejor.

En la Figura 4.7 se presenta un diagrama unilineal simplificado de planta donde se distinguen los elementos de interés.

Considerando este diagrama junto con el levantamiento de información realizado, los requerimientos del Anexo Técnico y la norma ASME PTC 6 se describe la metodología propuesta.

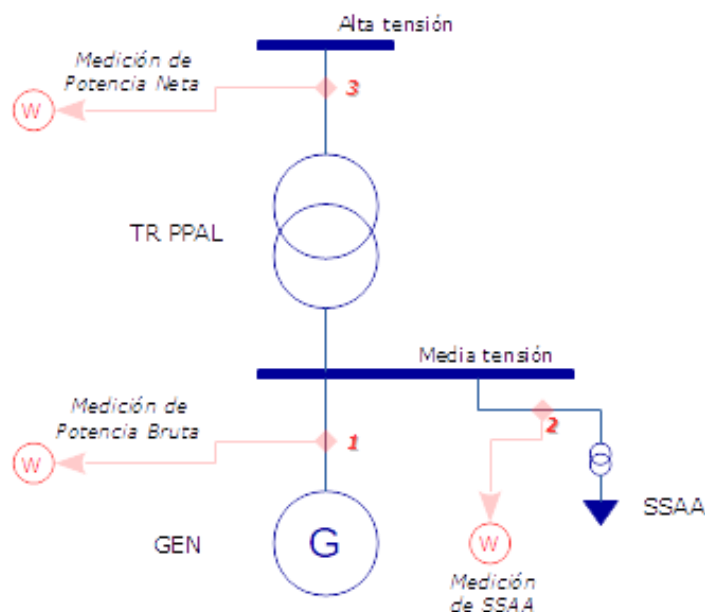


Figura 4.7 – Unilineal de planta esquemático



4.4.1 Metodología

Se realizó la medición de potencia bruta y factor de potencia en bornes del generador tal como se solicita en el Anexo Técnico. La potencia de los servicios auxiliares se calculó indirectamente a partir de la medición de la potencia neta.

Los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) son clase 0.2, tanto para la medición de potencia bruta como para la de potencia neta (punto “1” y “3” en la Figura 4.7). Los detalles de los transformadores de instrumentación de cada variable principal y los puntos de conexión se encuentran en el Anexo 9.2.

Para la medición de la potencia neta de la unidad se utilizaron los medidores de facturación ubicados en los paños J1 Charrúa línea 1 y J2 Charrúa línea 2 de la S/E Charrúa 220kV. Estos medidores son clase 0.2 y cumplen con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

Para la medición de potencia bruta se utilizó el medidor que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Este medidor es clase 0.2 y cumple con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

Para la medición de la temperatura de agua de circulación se identifican las termocuplas 10PAB21CT001 y 10PAB22CT001, ubicadas en la entrada del condensador como exige el anexo técnico tal como se muestra en la Figura 9.15.

En la sección de anexo 9.2 se detallan los puntos desde donde se realizaron las mediciones de cada variable, en tanto en la sección de anexo 9.3 se muestran los antecedentes técnicos y certificados de calibración asociados a los equipos de medición.



4.4.2 Instrumentación principal

Se instrumentó tal como se resume en la Tabla 4.3. La misma indica la instrumentación principal a ser utilizada, magnitud medida, tipo y clase, y ubicación.

#	Magnitud	Instrumento	Tipo, clase y muestreo	Propietario y certificado	Ubicación	Tipo de registro
1	Potencia activa bruta	ION 8600 Serie: MT-0904A079-01	A, 0.2, 1 min (o superior)	Colbún S.A Figura 9.16	Conectado a PTs CTs clase 0.2 en punto 1 del unilineal de la Figura 4.7. Borneras TBS -X10 según trifilar. Ver trifilar anexo 9.2.	Digital
2	Factor de potencia	ION 8600 Serie: MT-0904A079-01	A, 0.2, 1 min (o superior)	Colbún S.A Figura 9.16	Conectado a PTs CTs clase 0.2 en punto 1 del unilineal de la Figura 4.7. Borneras TBS -X10 según trifilar. Ver trifilar anexo 9.2.	Digital
3	Potencia activa neta	ION 8600 Serie: PT-0811A502-01 PT-0811A503-01	A, 0.2, 1 min (o superior)	Colbún S.A Figura 9.19 Figura 9.20	Conectado a PTs CTs clase 0.2 en punto 3 del unilineal de la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión a confirmar. Ver trifilar anexo 9.2.	Digital
4	Temperatura de agua de circulación	Termocuplas 10PAB21CT001 y 10PAB22CT001	Ver anexo 9.3.3	Equipos de planta. Certificados en anexo 9.3.3	Ubicadas a la entrada del condensador. Ver anexo 9.2.3	Digital

Tabla 4.3 – Instrumentación principal

Las características principales de estos equipos y sus certificados de calibración vigentes a la fecha de los ensayos pueden consultarse en el Anexo 9.3.

Los puntos físicos de conexión están identificados en los trifilares del anexo 9.2. y se corresponden con los indicados en la Figura 4.7.

Los equipos medidores de potencia bruta y neta fueron instalados, configurados y operados por el Coordinado o el propietario de los equipos. Se requirió la entrega de los registros digitales de las pruebas durante y luego de la ejecución de las mismas.

Asimismo, el Coordinado fue responsable de entregar los registros digitales correspondientes a la variable de temperatura de agua de circulación durante y luego de la ejecución de las pruebas. Estuvo presente personal idóneo para estas tareas durante todo el transcurso de las pruebas.



4.4.3 Mediciones complementarias

Se utilizó el sistema de registro de planta para tomar las siguientes variables durante el período de pruebas:

1. Potencia activa y reactiva en bornes de la unidad
2. Factor de potencia en bornes de la unidad.
3. Velocidad del rotor.
4. Tensión.
5. Frecuencia.
6. Consumos propios.
7. Temperatura y presión del vapor sobrecalentado.
8. Presión de extracciones de vapor de turbina.
9. Presión del vapor de entrada al condensador.
10. Temperatura del agua de enfriamiento que ingresa al condensador.
11. Temperatura y presión del vapor recalentado.
12. Temperatura y presión del vapor sobrecalentado.
13. Flujo de agua de refrigeración.
14. Temperatura de agua de refrigeración.
15. Temperatura de agua de enfriamiento a la salida del condensador.
16. Potencia neta.

Finalizadas las pruebas se requirió al Coordinado la entrega del registro digital de datos correspondiente.



4.5 Toma de muestras de carbón

Durante las pruebas se realizó el análisis del carbón para contar con el registro de sus condiciones y características en la medición de potencia máxima de la unidad.

A solicitud del Coordinador, fue el Coordinado el responsable del muestreo y análisis del carbón que alimenta a la caldera.

Las muestras fueron realizadas en la descarga de los alimentadores de carbón de los pulverizadores en servicio. Durante las pruebas se tomaron dos (2) muestras de carbón de aproximadamente 2kg, al inicio y al final de la prueba.

Las muestras tomadas se mezclaron, y de la mezcla se separó una muestra de aproximadamente 1 kg que fue enviada a un laboratorio externo para la determinación de sus características.

Los resultados entregados se incluyen en el anexo 9.6



5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

Como se indicó, debido al contexto sanitario de pandemia COVID-19, el experto técnico no se presentó en las instalaciones del coordinado y, por lo tanto, guio y supervisó su desarrollo de forma remota.

La comunicación se materializó vía reunión de **Microsoft Teams**: Llamada de voz, video e interfaz para compartir medios digitales.

5.1 Chequeos preliminares

En una reunión previa a la ejecución de las pruebas en la primera unidad se realizó una inspección virtual en dónde se verificó que todo esté adecuadamente dispuesto para el inicio de las pruebas.

Se verificó:

1. Disposición de los medidores, números de serie y certificados de calibración.
2. Lectura de los equipos de medición principales.
3. Sincronización horaria entre los distintos equipos de medición.
4. Se confirmó que el sistema de adquisición de datos de planta esté operativo.

5.2 Desarrollo de las pruebas

5.2.1 Verificaciones previas

1. El experto técnico, inspector sustituto, operador de planta y representantes del Coordinador estaba listos para dar comienzo a la prueba.
2. Se verificó que se cumplan las condiciones de prueba establecidas:
 - a. Todas las protecciones deben estar operativas y sin falla.
 - b. No deben existir alarmas relevantes.
 - c. La unidad disponible para operar a máxima potencia.
 - d. Las instalaciones de vapor de la planta, incluida la caldera, deberán operar con purgas, drenajes, los sistemas de regulación y control de acuerdo a su operación normal.



- e. La unidad no participa del control primario de frecuencia (CPF) y, por lo tanto, no ve afectada su potencia según el comportamiento de la frecuencia del sistema.
- f. Se operó en el modo de control de potencia reactiva, consignando 121MVAR, valor que permite obtener un factor de potencia cercano a 0.95 en las condiciones de potencia máxima.

5.3 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba

Previo al inicio de las pruebas la unidad estaba en servicio. Por esta razón, no fue necesario incrementar la carga hasta alcanzar su máximo valor estable en condiciones normales de operación, que de acuerdo con la información⁴ sería de aproximadamente de 370MW.

El sistema de control de Caldera se operó en Modo Coordinado con el objetivo de fijar la potencia de la unidad según la consigna de potencia máxima operable.

Se intentó ajustar el factor de potencia al valor más cercano posible a 0.95. Esto se realizó a través del modo de control de potencia reactiva consignando 121MVAR.

Finalizados estos ajustes se dio inicio al período de estabilización de la unidad. Durante el mismo se monitoreó la evolución de las principales variables hasta que se verificó la estabilidad, dando inicio formal al período de pruebas.

La Tabla 5.1 resume los períodos resultantes para la unidad ensayada.

Arranque de la unidad	13/dic/2020 N/A
Inicio del período de estabilización	21:08 Hs
Fin del período de estabilización	00:45 Hs
Inicio del período de prueba	00:45 Hs
Fin del período de prueba	05:45 Hs

Tabla 5.1 – Etapas de la prueba para la unidad

La operación durante toda la prueba fue utilizando como combustible carbón.

⁴ Fuente: <https://infotecnica.coordinador.cl/>



5.4 Período de prueba

Finalmente, la prueba se extendió por un período total de 5 horas, dividido en 10 test run de 30 min. En cada uno de los mismos se verificó la estabilidad de la unidad según lo establecido por la norma ASME PTC 6:

Parámetros	Fluctuación permitida
Potencia eléctrica de salida	$\pm 0.25\%$
Factor de potencia	$\pm 1.0\%$
Velocidad Turbina	$\pm 0.25\%$
Presión de Vapor	$\pm 0.25\%$ ó ± 34.5 kPa
Temperatura de vapor sobrecalentado y recalentado	$\pm 4^{\circ}\text{C}$
Presión Condensador	$\pm 1.0\%$ ó ± 0.14 kPa

Figura 5.1 – Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación

La Tabla 5.2 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas:

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		21:20	21:50	22:20	22:50	23:20	23:50	00:20	00:50	01:20	01:50	
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	0,25%	0,24%	0,13%	0,22%	0,13%	0,29%	0,24%	0,29%	0,34%	0,37%	0,36%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	0,25%	0,23%	0,15%	0,20%	0,16%	0,26%	0,21%	0,29%	0,31%	0,29%	0,59%
FP	Factor de Potencia en bornes de m	1,00%	0,23%	0,33%	0,29%	0,28%	0,27%	0,29%	0,23%	0,26%	0,27%	0,28%
P _{cond}	Presión Condensador - Para estabilidad	1,00%	0,41%	0,00%	0,00%	0,47%	0,47%	0,00%	0,00%	0,39%	0,38%	0,29%
T _{VapSH}	Temperatura Vapor Sobrecalentado - Para estabilidad	4°C	0,19°C	0,17°C	0,20°C	0,22°C	0,19°C	0,15°C	0,16°C	0,31°C	0,28°C	0,39°C
T _{VapRH}	Temperatura Vapor Recalentado - Para estabilidad	4°C	0,19°C	0,17°C	0,20°C	0,21°C	0,19°C	0,15°C	0,17°C	0,30°C	0,28°C	0,39°C
Frec	Velocidad de Rotación - Para estabilidad	0,25%	0,04%	0,08%	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
P _{vapor}	Presión Vapor - Para estabilidad	0,25%	0,15%	0,12%	0,15%	0,12%	0,23%	0,19%	0,28%	0,27%	0,28%	0,55%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO

Tabla 5.2 – Verificación de estabilidad de 10 test-run de 30 minutos

Según se puede observar en la Tabla 5.2, el análisis de las mediciones muestra que la mitad de los test-run no cumplen con las condiciones de estabilidad. Esto se debe a que la unidad ensayada, por el tipo de combustible utilizado, posee un poder calorífico no estable y se provocan fluctuaciones en los valores de potencia. Producto de esto, se decide analizar el ensayo dividido en 20 test-run de 15 minutos para las variables principales que se ven afectadas en mayor medida por este comportamiento.



En las Tabla 5.3 y Tabla 5.4 se muestra la verificación de estabilidad, considerando esta vez, segmentos de 15 minutos. Cabe mencionar que, considerando esta metodología, el período de mediciones que no verifica condiciones de estabilidad totaliza 1 hora, respecto a las 2 horas y media que resultan al considerar períodos de 30 minutos.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	0,25%	0,24%	0,18%	0,09%	0,17%	0,24%	0,22%	0,10%	0,17%	0,18%	0,29%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	0,25%	0,17%	0,18%	0,10%	0,18%	0,19%	0,22%	0,15%	0,16%	0,20%	0,25%
FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	1,00%	0,21%	0,24%	0,30%	0,33%	0,27%	0,32%	0,22%	0,33%	0,26%	0,29%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO

Tabla 5.3 – Verificación de estabilidad de 20 test-run de 15 minutos (parte 1 de 2)

Períodos												
Test Run n°	ref	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Hora		03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	0,25%	0,19%	0,15%	0,16%	0,24%	0,15%	0,21%	0,44%	0,25%	0,24%	0,47%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	0,25%	0,24%	0,15%	0,16%	0,17%	0,17%	0,17%	0,36%	0,19%	0,21%	0,75%
FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	1,00%	0,31%	0,26%	0,27%	0,21%	0,27%	0,25%	0,28%	0,27%	0,29%	0,28%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	

Tabla 5.4 – Verificación de estabilidad de 20 test-run de 15 minutos (parte 2 de 2)

Finalizadas las pruebas se elaboró un acta reflejando las principales condiciones del ensayo. Dicha acta puede consultarse en el Anexo 9.5.



6 METODOLOGÍAS APLICABLES Y RESULTADOS

6.1 Reducción de datos y estabilidad

Se procesaron los datos en búsqueda de valores atípicos, para cada período se evaluó la estabilidad de las principales variables tal como se indicó en 5.4, determinando los test run aptos para ser considerados en el cálculo final del valor de potencia bruta.

6.2 Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA)

Considerando que se cuenta con la medición de potencia bruta y potencia neta, pueden calcularse las pérdidas totales como:

$$L_{\text{Totales}} = P_{\text{Neta, No Corr}} - P_{\text{Bruta, No Corr}}$$

Donde:

- $P_{\text{Neta, No Corr}}$: Potencia Neta No Corregida (medición directa)
- $P_{\text{Bruta, No Corr}}$: Potencia Bruta No Corregida (medición directa)
- L_{Totales} : Pérdidas y consumos internos de la planta en todo concepto



Las Tabla 6.1 y Tabla 6.2 detallan los cálculos realizados para la unidad.

Períodos

Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hora		00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00

Variables Primarias

FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	-	0,950	0,951	0,950	0,952	0,957	0,957	0,958	0,957	0,957	0,958
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	371,43	370,34	370,84	370,74	370,57	370,26	370,96	370,73	369,79	370,79
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	341,85	341,03	341,43	341,60	341,04	340,87	341,38	341,39	340,32	341,57
T _{empAg}	Temperatura Agua de Circulación	[°C]	12,99	12,84	12,73	12,64	12,58	12,51	12,44	12,38	12,38	12,38

Determinación pérdidas totales

L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	29,57	29,31	29,41	29,15	29,53	29,38	29,57	29,34	29,47	29,22
----------------------	---	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla 6.1 – Cálculos pérdidas totales para la unidad TV (parte 1 de 2)

Períodos

Test Run n°	ref	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hora		03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30

Variables Primarias

FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	-	0,958	0,957	0,957	0,957	0,957	0,958	0,958	0,958	0,958	0,958
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	370,32	369,83	371,12	369,39	369,90	371,84	368,68	369,26	371,49	369,99
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	341,01	339,91	341,53	340,10	340,41	342,26	339,82	339,58	341,92	341,95
T _{empAg}	Temperatura Agua de Circulación	[°C]	12,38	12,38	12,38	12,37	12,33	12,33	12,30	12,27	12,27	12,30

Determinación pérdidas totales

L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	29,31	29,93	29,59	29,29	29,49	29,57	28,86	29,68	29,57	28,03
----------------------	---	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla 6.2 – Cálculos pérdidas totales para la unidad TV (parte 2 de 2)



6.3 Correcciones aplicables a la potencia bruta

Las correcciones mencionadas en este capítulo fueron aplicadas a cada uno de los períodos (test run) registrados y validados de acuerdo con las condiciones de estabilidad. El resultado final corresponde al promedio de todos ellos.

Según lo establece el anexo técnico pueden aplicarse correcciones por:

1. Corrección por temperatura de agua de circulación.
2. Corrección por factor de potencia.

Los factores de corrección se obtendrán de las curvas/tablas provistas por el fabricante con el objetivo de llevar la medición de potencia bruta obtenida a los valores de referencia indicados en el capítulo 4.3.

La Potencia Bruta Corregida de la unidad se calculará según la siguiente ecuación:

$$P_{Bruta,Corr} = (P_{Bruta} - L_{FP}) \times \frac{F_{TempAg_rated}}{F_{TempAg_meas}}$$

Dónde:

- $P_{Bruta,Corr}$: Potencia Bruta Corregida
- P_{Bruta} : Potencia Bruta Medida
- L_{FP} : Pérdidas relacionadas a no operar en el factor de potencia (FP) establecido por el Anexo Técnico. Se aplica sólo si durante los ensayos no se logró alcanzar $FP = 0.95$. Se calcula como la diferencia de potencia entre la correspondiente al FP del ensayo menos la potencia correspondiente al FP de referencia ambos valores obtenidos de las curvas del capítulo 4.3. El factor de potencia que se utilizará como referencia es el indicado por el medidor #2 de la Tabla 4.3
- F_{TempAg_rated} : Factor de corrección de la potencia activa por temperatura de agua de circulación obtenido de las curvas del capítulo 4.3 referido al valor nominal.
- F_{TempAg_meas} : Factor de corrección de la potencia activa por temperatura de agua de circulación obtenido de las curvas del capítulo 4.3 referido al valor medido.



Las Tabla 6.3 y Tabla 6.4 detallan las correcciones realizadas para la unidad.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
Variables Primarias												
FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	-	0,950	0,951	0,950	0,952	0,957	0,957	0,958	0,957	0,957	0,958
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	371,43	370,34	370,84	370,74	370,57	370,26	370,96	370,73	369,79	370,79
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	341,85	341,03	341,43	341,60	341,04	340,87	341,38	341,39	340,32	341,57
T _{empAg}	Temperatura Agua de Circulación	[°C]	12,99	12,84	12,73	12,64	12,58	12,51	12,44	12,38	12,38	12,38
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	-2,49	5,92	3,50	15,77	52,58	48,42	59,94	51,80	50,34	55,20
F _{TempAg_rated} / F _{TempAg_meas}	Factor de corrección por temperatura	-	0,9937	0,9975	1,0004	1,0037	1,0057	1,0083	1,0112	1,0133	1,0133	1,0133
P Bruta, Corr	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	369,07	369,40	370,99	372,12	372,62	373,28	375,05	375,61	374,66	375,67

Tabla 6.3 – Correcciones a la Potencia Bruta de la unidad TV (parte 1 de 2)

Períodos		ref	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Test Run n°	Hora		03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30
Variables Primarias												
FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	-	0,958	0,957	0,957	0,957	0,957	0,958	0,958	0,958	0,958	0,958
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	370,32	369,83	371,12	369,39	369,90	371,84	368,68	369,26	371,49	369,99
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	341,01	339,91	341,53	340,10	340,41	342,26	339,82	339,58	341,92	341,95
T _{empAg}	Temperatura Agua de Circulación	[°C]	12,38	12,38	12,38	12,37	12,33	12,33	12,30	12,27	12,27	12,30
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	57,69	52,25	48,44	48,38	51,48	60,73	57,34	57,09	58,08	56,67
F _{TempAg_rated} / F _{TempAg_meas}	Factor de corrección por temperatura	-	1,0133	1,0133	1,0133	1,0136	1,0153	1,0153	1,0162	1,0172	1,0172	1,0161
P Bruta, Corr	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	375,19	374,70	376,01	374,38	375,50	377,46	374,58	375,57	377,83	375,89

Tabla 6.4 – Correcciones a la Potencia Bruta de la unidad TV (parte 2 de 2)



6.4 Cálculo referencial de la Potencia Neta

El cálculo mencionado en este capítulo se aplicará a cada uno de los períodos (test run) registrados y validados de acuerdo con las condiciones de estabilidad. el resultado final será el promedio de todos ellos.

La Potencia Neta Corregida de la Unidad Generadora se calcula usando la siguiente ecuación:

$$P_{Neta,Corr} = P_{Bruta,Corr} - L_{Totales}$$

$$L_{Totales} = P_{Bruta,NoCorr} - P_{Neta,NoCorr}$$

Dónde:

- $P_{Neta,Corr}$: Potencia Neta Corregida
- $P_{Neta,No Corr}$: Potencia Neta No Corregida (medición directa)
- $P_{Bruta,Corr}$: Potencia Bruta Corregida
- $P_{Bruta, No Corr}$: Potencia Bruta No Corregida (medición directa)
- $L_{Totales}$: Pérdidas y consumos internos de la planta en todo concepto

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	29,57	29,31	29,41	29,15	29,53	29,38	29,57	29,34	29,47	29,22
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	369,07	369,40	370,99	372,12	372,62	373,28	375,05	375,61	374,66	-
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	339,50	340,09	341,58	342,97	343,09	343,90	345,48	346,27	345,20	-

Tabla 6.5 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la unidad TV (parte 1 de 2)

Períodos												
Test Run n°	ref	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Hora		03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	29,31	29,93	29,59	29,29	29,49	29,57	28,86	29,68	29,57	28,03
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	375,19	374,70	376,01	374,38	375,50	377,46	-	-	377,83	-
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	345,88	344,78	346,42	345,09	346,01	347,88	-	-	348,26	-

Tabla 6.6 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la unidad TV (parte 2 de 2)



6.5 Cálculo del promedio final

Finalmente, se realiza el promedio final de aquellos períodos que verificaron las condiciones de estabilidad para obtener un valor final de **Potencia Máxima Bruta de 374,0 MW** y de *Potencia Máxima Neta* de 344,5 MW para la unidad

La Tabla 6.8 detalla los valores utilizados para los correspondientes promedios.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°			00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
Hora												
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	29,57	29,31	29,41	29,15	29,53	29,38	29,57	29,34	29,47	29,22
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	369,07	369,40	370,99	372,12	372,62	373,28	375,05	375,61	374,66	-
P _{Neta, Corr}		[MW]	339,50	340,09	341,58	342,97	343,09	343,90	345,48	346,27	345,20	-
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	374,0									
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	344,5									

Tabla 6.7 – Promedio Final para la unidad TV

Períodos		ref	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Test Run n°			03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30
Hora												
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	29,31	29,93	29,59	29,29	29,49	29,57	28,86	29,68	29,57	28,03
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	375,19	374,70	376,01	374,38	375,50	377,46	-	-	377,83	-
P _{Neta, Corr}		[MW]	345,88	344,78	346,42	345,09	346,01	347,88	-	-	348,26	-

Tabla 6.8 – Promedio Final para la unidad TV

6.6 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.



Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°			00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
Hora												
Variables Primarias												
FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	-	0,950	0,951	0,950	0,952	0,957	0,957	0,958	0,957	0,957	0,958
P _{Bruta}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	371,43	370,34	370,84	370,74	370,57	370,26	370,96	370,73	369,79	370,79
P _{Neta}	Potencia Neta medida en Alta	[MW]	341,85	341,03	341,43	341,60	341,04	340,87	341,38	341,39	340,32	341,57
T _{TempAg}	Temperatura Agua de Circulación	[°C]	12,99	12,84	12,73	12,64	12,58	12,51	12,44	12,38	12,38	12,38
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	0,25%	0,24%	0,18%	0,09%	0,17%	0,24%	0,22%	0,10%	0,17%	0,18%	0,29%
P _{Bruta}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	0,25%	0,17%	0,18%	0,10%	0,18%	0,19%	0,22%	0,15%	0,16%	0,20%	0,25%
FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	1,00%	0,21%	0,24%	0,30%	0,33%	0,27%	0,32%	0,22%	0,33%	0,26%	0,29%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	29,57	29,31	29,41	29,15	29,53	29,38	29,57	29,34	29,47	29,22
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	-2,49	5,92	3,50	15,77	52,58	48,42	59,94	51,80	50,34	55,20
F _{TempAg_med} / F _{TempAg_med}	Factor de corrección por temperatura	-	0,9937	0,9975	1,0004	1,0037	1,0057	1,0083	1,0112	1,0133	1,0133	1,0133
P _{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	369,07	369,40	370,99	372,12	372,62	373,28	375,05	375,61	374,66	375,67
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	369,07	369,40	370,99	372,12	372,62	373,28	375,05	375,61	374,66	-
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	339,50	340,09	341,58	342,97	343,09	343,90	345,48	346,27	345,20	-
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	374,0									
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	344,5									

Tabla 6.9 – Resumen general para la unidad TV (parte 1 de 2)



Períodos		ref	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Test Run n°			03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30
Hora												
Variables Primarias												
FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	-	0,958	0,957	0,957	0,957	0,957	0,958	0,958	0,958	0,958	0,958
P _{Bruta}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	370,32	369,83	371,12	369,39	369,90	371,84	368,68	369,26	371,49	369,99
P _{Neta}	Potencia Neta medida en Alta	[MW]	341,01	339,91	341,53	340,10	340,41	342,26	339,82	339,58	341,92	341,95
T _{empAg}	Temperatura Agua de Circulación	[°C]	12,38	12,38	12,38	12,37	12,33	12,33	12,30	12,27	12,27	12,30
Mediciones												
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	0,25%	0,19%	0,15%	0,16%	0,24%	0,15%	0,21%	0,44%	0,25%	0,24%	0,47%
P _{Bruta}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	0,25%	0,24%	0,15%	0,16%	0,17%	0,17%	0,17%	0,36%	0,19%	0,21%	0,75%
FP	Factor de Potencia en bornes de máquina	1,00%	0,31%	0,26%	0,27%	0,21%	0,27%	0,25%	0,28%	0,27%	0,29%	0,28%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	29,31	29,93	29,59	29,29	29,49	29,57	28,86	29,68	29,57	28,03
L _{TOTALES} = P _{Bruta} - P _{Neta} - P _{Corr}												
Correcciones a la Potencia Bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	57,69	52,25	48,44	48,38	51,48	60,73	57,34	57,09	58,08	56,67
F _{TempAg_med / TempAg_med}	Factor de corrección por temperatura	-	1,0133	1,0133	1,0133	1,0136	1,0153	1,0153	1,0162	1,0172	1,0172	1,0161
P _{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	375,19	374,70	376,01	374,38	375,50	377,46	374,58	375,57	377,83	375,89
Diferencia de kW en la curva de FP (FP _{ens} vs 0,95) Interpolado en curva de corrección por temperatura P _{Bruta, Corr} = (P _{Bruta} - L _{FP}) x (F _{TempAg_med} / F _{TempAg_med})												
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	375,19	374,70	376,01	374,38	375,50	377,46	-	-	377,83	-
P _{Neta, Corr}		[MW]	345,88	344,78	346,42	345,09	346,01	347,88	-	-	348,26	-
Selección de los test-run promediados P _{Neta, Corr} = P _{Bruta, Corr} - L _{TOTALES}												
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]										
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]										

Tabla 6.10 – Resumen general para la unidad (parte 1 de 2)



6.7 Cálculo de incertidumbre

El cuadro siguiente calcula la incertidumbre del resultado para la unidad ensayada.

Variable	Unidad	Valores medidos		Medidores	Incertidumbre			Sensibilidad	$(B*\theta)^2$	$(Sx_{t_{95}}*\theta)^2$
		Valor Medio	Desvío Std / Media		Sistemática Bx	Aleatoria Sx	$Sx_{t_{95}}$			
P _{BRUTA}	MW	370,32	0,24%	0,35%	1,2828	0,225	0,480	1,0161	1,699050	0,237693
FP	-	0,96	0,31%	0,35%	0,0033	0,001	0,002	0,6865	0,000005	0,000001
T _{empAg}	°C	12,38	0,00%	0,01	0,1238	0,000	0,000	0,0038	0,0000002	0,000000

N	15	Σ	1,6991	0,2377
t ₉₅	2,131			

U _R	1,72	MW
----------------	------	----

Tabla 6.11 – Tabla correspondiente a los cálculos de incertidumbre para la unidad TV



7 CONCLUSIONES

Se realizó con éxito la prueba de Potencia Máxima en la unidad la CT Santa María utilizando como combustible carbón.

La unidad fue capaz de sostener en forma estable la potencia en sus bornes de salida por un período de tiempo superior a las 5 horas.

Se determinó un valor de Potencia Máxima Bruta de **374,0** MW para la unidad.



8 NORMATIVA

- Anexo Técnico: “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.
- Norma ASME PTC 6 “Performance Test Codes on Steam Turbines”
- Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”



9 ANEXOS

9.1 Hoja de datos de generadores

ESTIMATED GENERATOR DATA

Customer: MAIRE ENGINEERING SPA
Station/Project: CORONEL 350 MW
Generator Number: 290T771
Generator Type: 450H

GENERATOR RATING

Data for Proposal No/Electrical Design: G368T01 Jul 26 2007
ATB 2 468000 kVA 3000 RPM 18000 Volts 0.85 PF 60 psig 50 °C Gas 397800 kW 15011 Amps
750 Field Volts 27 Ft Alt 0.5 SCR 50 Hz 3 Phase WYE Connection

Exciter Rating

Type Static
1945 kW 750 Volts 2593 D.C.Amps Field Amps @ Generator rated Load 2443

<u>Total temperatures are guaranteed not to exceed:</u>	<u>Insulation Class</u>	<u>Temperature Rise</u>
Stator coils: 103 °C by embedded detector	Armature F	B
Field coils 120 °C by Resistance	Field class F	B
Collector Gas Rise 20 °C by RTD		

Cooling water Requirements @ Generator Rating (C901 - Data)

(Data not applicable for Open Ventilated Units. Air cooled OV units, values will be shown as -99999)

Generator Output:	468000 Kva
Loss to Coolers:	3535 Kw
Inlet Water Temperature:	40 °C
Outlet Cold Gas Temperature	50 °C
Coolant	100% Fresh Water
Maximum Fouling Factor:	0.001 1/(btu / (hours*footsquared°F))
Total Water Flow Required:	2500 GPM (total for all coolers)
Coolant temperature Max	40 °C
Head Loss Per Cooler:	17.9 Feet of Water
Maximum Operating Pressure:	125 psig
	8.6184 bar

Dielectric tests (Between coils and ground, 50/60 hertz AC for 1 min)

Stator 37000V
Rotor 5161V

Figura 9.1 – Hoja de datos de los generadores (1 de 3)



<u>REACTANCES (Per Unit):</u>	<u>Direct Axis</u>	<u>Quadrature Axis</u>
Saturated Synchronous	X_{dv} 2.03	X_{qv} 1.95
Unsaturated Synchronous	X_{di} 2.03	X_{qi} 1.95
Saturated Transient	X'_{dv} 0.265	
Unsaturated Transient	X'_{di} 0.3	X'_q 0.485
Saturated Sub transient	X''_{dv} 0.195	X''_{qv} 0.195
Unsaturated Sub transient	X''_{di} 0.24	X''_{qi} 0.24
Saturated Negative Sequence	X_{2v} 0.195	
Unsaturated Negative Sequence	X_{2i} 0.24	
Saturated Zero Sequence	X_{0v} 0.13	
Unsaturated Zero Sequence	X_{0i} 0.13	
Saturated Leakage Reactance	X_{lv} 0.165	
Unsaturated Leakage Reactance	X_{li} 0.185	

FIELD TIME CONSTANTS (Seconds @ 125 °C)

Open Circuit	T'_{d0} 6.8	T'_{q0} 0.6
Three Phase Short Circuit Transient	T'_{d3} 0.8	T'_q 0.15
Line To Line Short Circuit Transient	T'_{d2} 1.4	
Line To Neutral Short Circuit Transient	T'_{d1} 1.7	
Short Circuit Sub transient	T''_d 0.031	T''_q 0.031
Open Circuit Sub transient	T''_{d0} 0.042	T''_{q0} 0.077

ARMATURE DC COMPONENT TIME CONSTANTS (Seconds@ 100 °C)

Three Phase Short Circuit	T_{a3} 0.58
Line To Line Short Circuit	T_{a2} 0.58
Line To Neutral Short Circuit	T_{a1} 0.44

ARMATURE WINDING SEQUENCE RESISTANCES (Per Unit)

Positive	R_1 0.0028
Negative	R_2 0.0098
Zero	R_0 0.0045

Reactance, Resistance and Time Constant data may be interpreted per IEEE 115, section VII.

The base reactance ("UNIT") is calculated by the armature kV squared / MVA.

$$\text{Base reactance} = 0.6923 \quad \text{Ohms}$$

Rotor Short-Time Thermal Capacity, $(I_2)^2 t$	7.3564 s
Turbine-Generator Combined Inertia Constant, H	4.5049 kW-s/kVA
Three Phase Armature Winding Capacitance	1.7319 μF
Armature Winding DC Resistance (Per Phase)	0.0009 Ω (100 °C)
Field Winding DC Resistance	0.2377 Ω (125 °C)
Field Current At Rated Kva, Armature Voltage, & PF	2443 A
Field Current At Rated Kva, Armature Voltage, 0 PF Lagging	2893 A
(For Systems Study Only - Not Allowable Operating Point)	

Figura 9.2 – Hoja de datos de los generadores (2 de 3)

MACHINE SATURATION DATA

S/1.0 = 0.0287	Machine saturation may be calculated from the data of curves A and B of
S/1.2 = 0.135	"ESTIMATED SATURATION AND SYNCHRONOUS IMPEDANCE CURVES".
	"S/1.0" is the field amp difference from B to A divided by the field amp of A at 1.0 pu voltage.

X/R RATIO

X/R = 156	X/R ratio equals " X_{PP}/D_V " * base reactance / armature DC resistance at 100 C
-----------	--

Figura 9.3 – Hoja de datos de los generadores (3 de 3)



9.2 Puntos de medición

9.2.1 Potencia bruta

En el siguiente unilineal general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta. Se muestran en rojos los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.2.

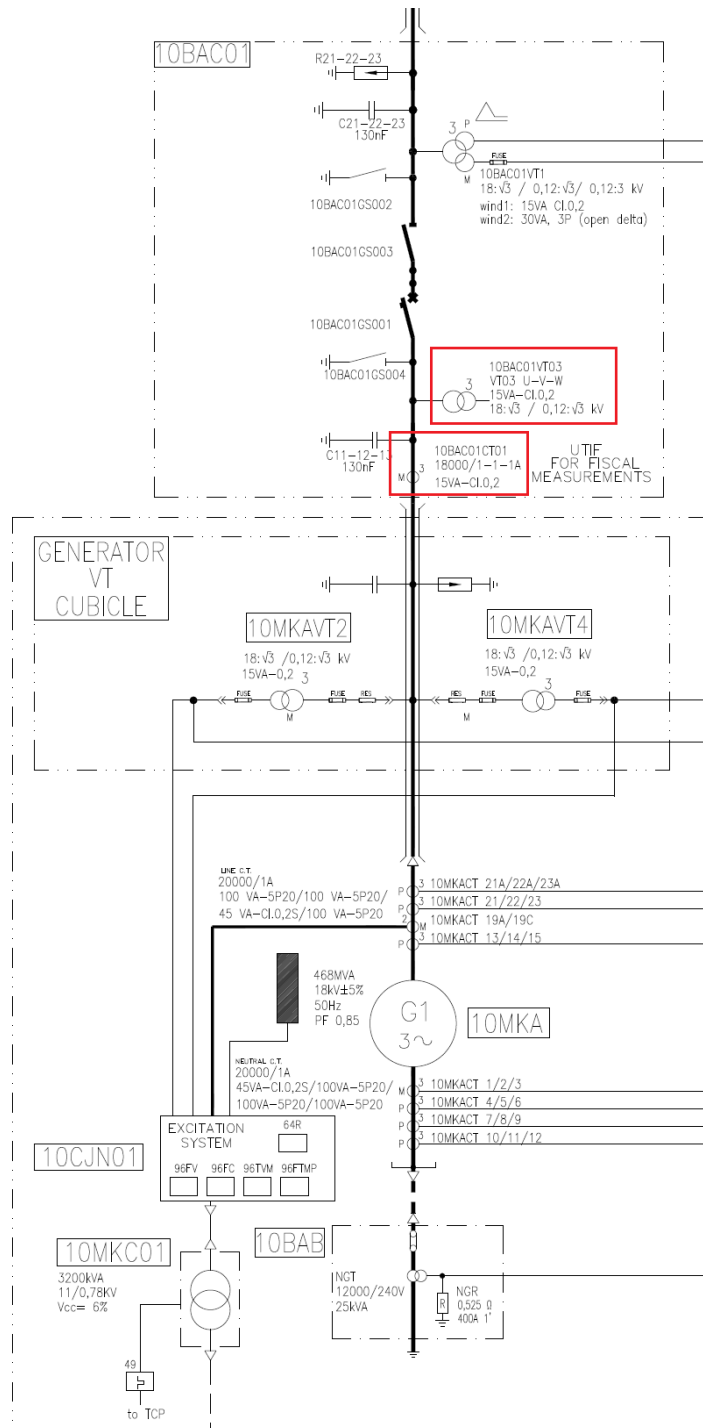


Figura 9.4 – Unilineal para mediciones de potencia bruta

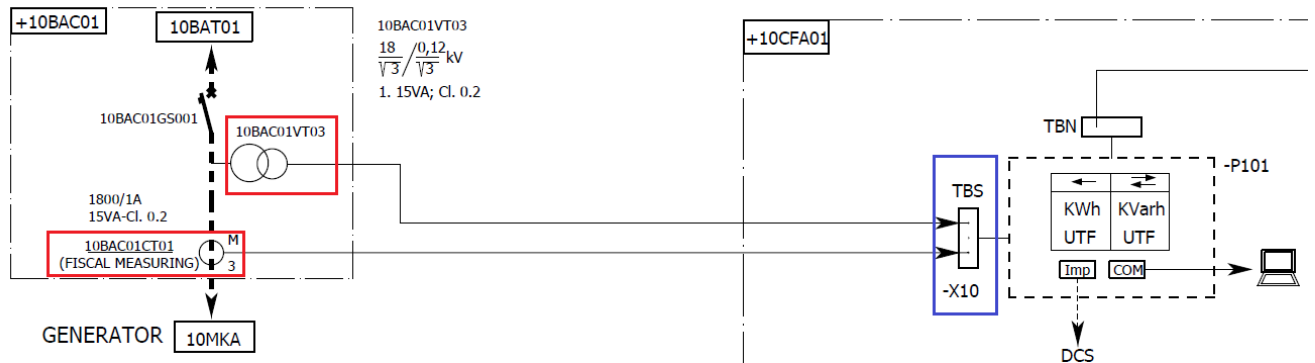


Figura 9.5 – Unineal para mediciones de potencia bruta

En el siguiente diagrama trifilar se muestran los bornes de conexión del equipo de medición de potencia bruta.

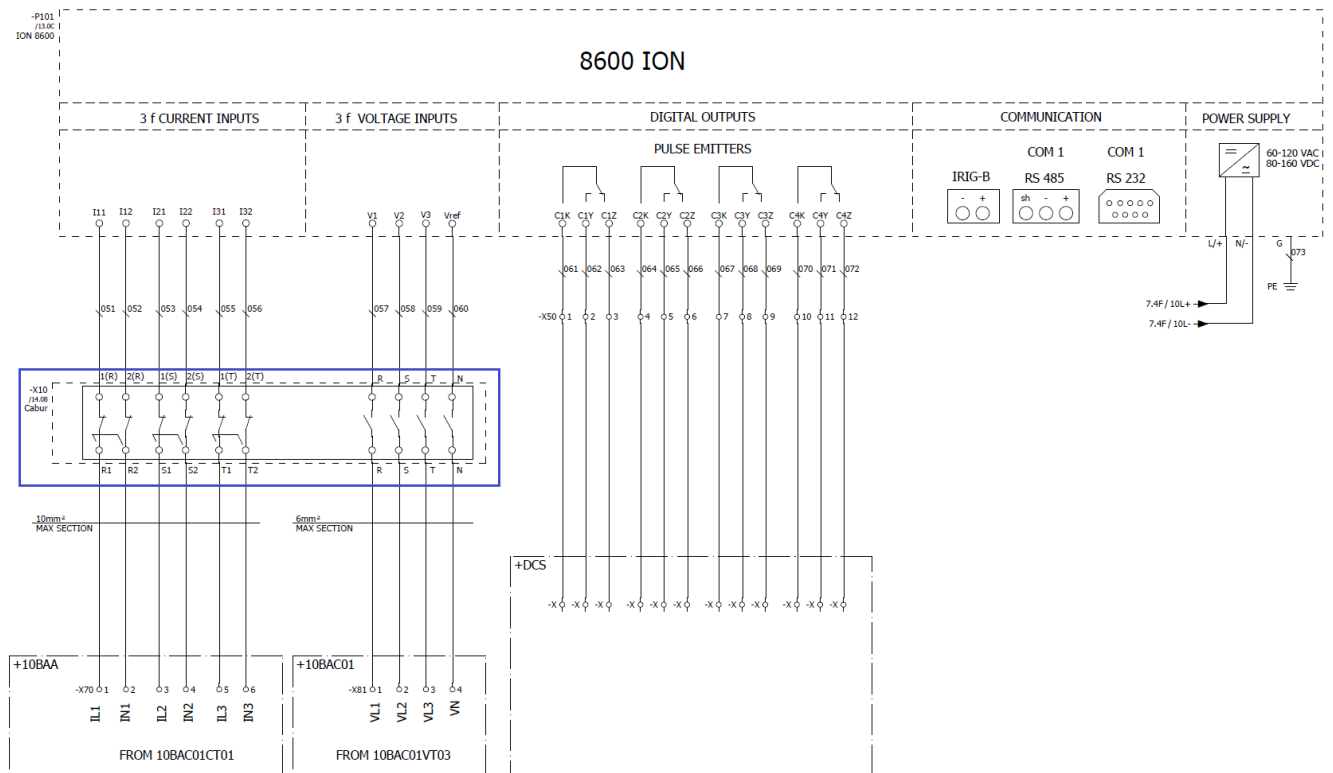


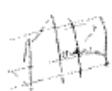
Figura 9.6 – Bornes de conexión ION 8600

Se incluyen a continuación los antecedentes de los transformadores de tensión y corriente señalados:



 PROTOCOLO DE PRUEBA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE MEDIA TENSION																										
IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS																										
PROYECTO	TERMOELECTRICA SANTA MARIA - COLBUN			Nº PROTOCOLO	1 DE 1																					
SWITCHGEAR	INTERRUPTOR ABB EN SF6			CT01	U-V-W																					
NOMBRE DE EQUIPO	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 10BAC01CT01			T. AMBIENTE	16°C																					
Nº SERIE FASE 1,2,3	1805200001/1805200002/1805200003			HUMEDAD	70.0%																					
RAZON TRANSFORMACION	P / S1-S2	18000/1		POTENCIA / CLASE	15 VA / 0,2																					
NOMINAL				TIPO- FABRIC	10RAZGM- WATTSUD																					
TENSION MAXIMA (KV)																										
INSTRUMENTOS	CPC 100 OMICRON																									
INYECCION PRIMARIA DE CORRIENTE																										
CORRIENTE DE PRUEBA : 2000 A																										
RAZON TRANSFORMACION, ANGULO ERROR Y POLARIDAD																										
FASE	PUNTOS	RAZON	ANGULO (°)	ERROR (%)	POLARIDAD																					
CT03U	P1 / S1-S2	18000:1.000	-0,01	0,15	CORRECTA																					
CT03V	P1 / S1-S2	18000:1.002	0,02	0,23	CORRECTA																					
CT03W	P1 / S1-S2	18000:1.003	0,01	0,32	CORRECTA																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">RESISTENCIA OHMICA DEVANADOS</th> </tr> <tr> <th>FASE</th> <th>DEVANADO</th> <th>RESISTENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">CT03U</td> <td>S1-S2</td> <td>53 (Ω)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CT03V</td> <td>S1-S2</td> <td>52.8 (Ω)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CT03W</td> <td>S1-S2</td> <td>53.5 (Ω)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						RESISTENCIA OHMICA DEVANADOS			FASE	DEVANADO	RESISTENCIA	CT03U	S1-S2	53 (Ω)			CT03V	S1-S2	52.8 (Ω)			CT03W	S1-S2	53.5 (Ω)		
RESISTENCIA OHMICA DEVANADOS																										
FASE	DEVANADO	RESISTENCIA																								
CT03U	S1-S2	53 (Ω)																								
CT03V	S1-S2	52.8 (Ω)																								
CT03W	S1-S2	53.5 (Ω)																								
OBSERVACIONES																										
RAZON DE TRANSFORMACION DE ACUERDO A LO INDICADO POR FABRICANTE																										
TRANSFORMADORES DE CORRIENTES EN BUENAS CONDICIONES PARA PUESTA EN SERVICIO.																										
REALIZADO POR			REVISADO POR																							
NOMBRE: JUAN L. MEDINA ROA			NOMBRE: HUGO E. OPAZO MORA																							
FECHA: 11/04/2010			FECHA: 11/04/2010																							
																										



 PROTOCOLO DE PRUEBA TRANSFORMADORES DE POTENCIAL DE MEDIA TENSION					
IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS					
PROYECTO	TERMoeLECTRICA SANTA MARIA - COLBUN			Nº PROTOCOLO	1 DE 1
SWITCHGEAR	INTERRUPTOR ABB EN SF6			VT03	U-V-W
NOMBRE DE EQUIPO	TPs LADO GENERADOR 108AC01VT03			T. AMBIENTE	16°C
Nº SERIE FASE 1,2,3	1797600001-1797600002-1797600003			HUMEDAD	70,0%
RAZON TRANSFORMACION	a - n	18000 : $\sqrt{3}$ / 120: $\sqrt{3}$		POTENCIA / CLASE	15 VA / 0,2
NOMINAL	da - dn			TIPO- FABRIC	EPR20Z - WATTSUD
TENSION MAXIMA (KV)	24/507125				
INSTRUMENTOS	CPC 100 OMICRON				
INYECCION PRIMARIA DE TENSION VOLTAJE DE PRUEBA : 2KV					
RAZON TRANSFORMACION, ANGULO ERROR Y POLARIDAD					
FASE	PUNTOS	RAZON	ANGULO (")	ERROR (%)	POLARIDAD
VT03U	P1 / a - n	18000 : $\sqrt{3}$ / 120.230 : $\sqrt{3}$	0,08	0,19	CORRECTA
	P1 / da - dn				
VT03V	P1 / a - n	18000 : $\sqrt{3}$ / 120.202 : $\sqrt{3}$	0,08	0,17	CORRECTA
	P1 / da - dn				
VT03W	P1 / a - n	18000 : $\sqrt{3}$ / 120.162: $\sqrt{3}$	0,07	0,14	CORRECTA
	P1 / da - dn				
RESISTENCIA DE AISLACION VAPLICADO= 10 KV C.A.					
FASE	TENSION (V)	I fuga (mA)	R. AISLACION (MΩ)		
VT03U	10028,00	0,97	10,30		
VT03V	10033,00	0,91	10,95		
VT03W	10032,00	0,93	10,79		
RESISTENCIA OHMICA DEVANADOS					
FASE	DEVANADO	RESISTENCIA			
VT03U	a-n	381,5 (mΩ)			
	da-dn				
VT03V	a-n	391,6 (mΩ)			
	da-dn				
VT03W	a-n	382,9 (mΩ)			
	da-dn				
OBSERVACIONES					
RAZON DE TRANSFORMACION DE ACUERDO A LO INDICADO POR FABRICANTE					
TRANSFORMADORES DE POTENCIAL EN BUENAS CONDICIONES PARA PUESTA EN SERVICIO.					
REALIZADO POR			REVISADO POR		
NOMBRE:	JUAN L. MEDINA ROA		NOMBRE:	HUGO E. OPAZO MORA	
FECHA:	11/04/2010		FECHA:	11/04/2010	
					

En los siguientes unilineales se pueden identificar los puntos de medición de la potencia neta, la misma se determinará a partir de la suma de las mediciones de potencia a través de las líneas de salida de la Subestación Charrúa, Charrúa 1 y Charrúa 2. Se muestran en rojos los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.2.

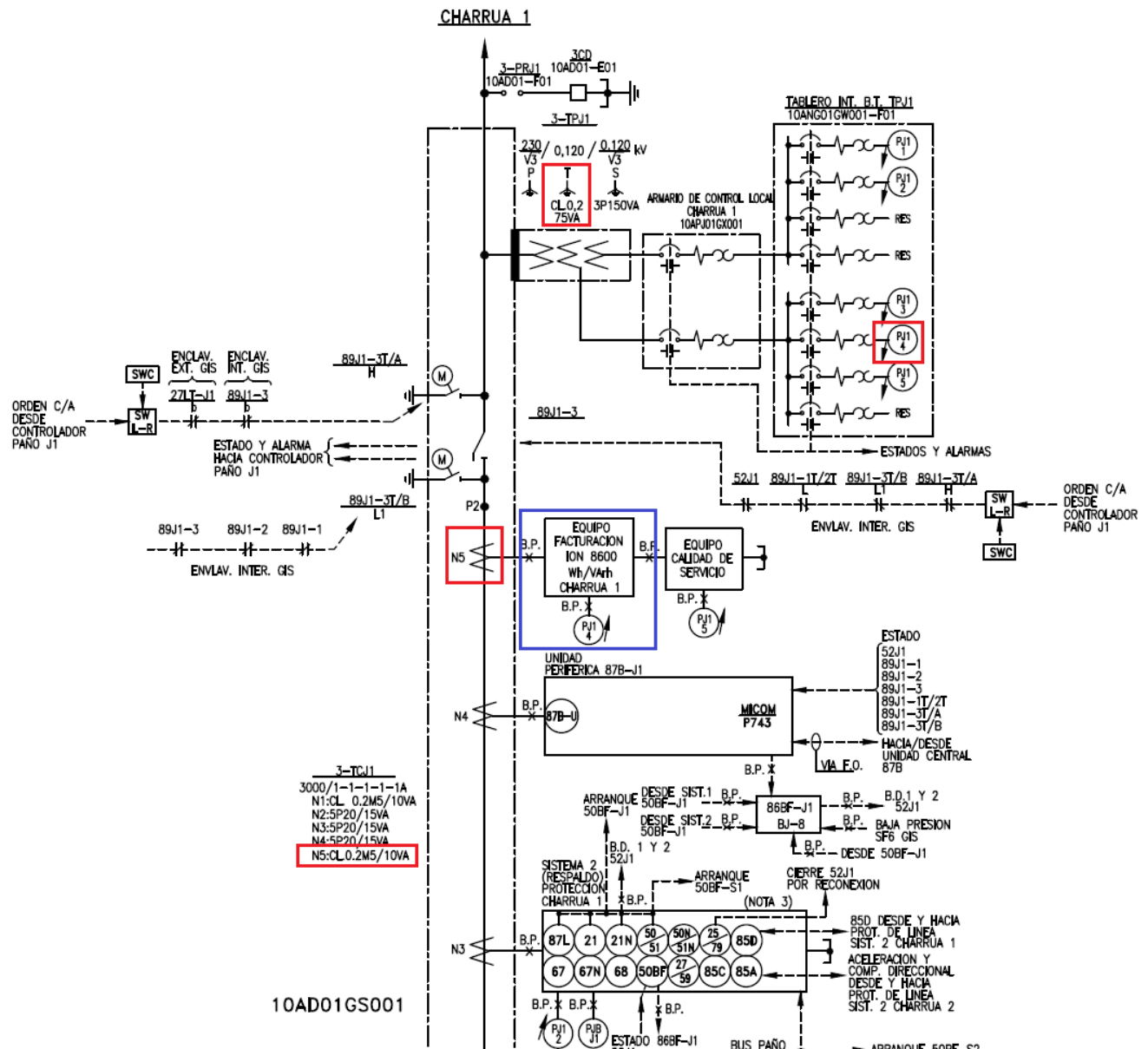


Figura 9.7 – Unilineal para mediciones de potencia neta – Charrúa 1

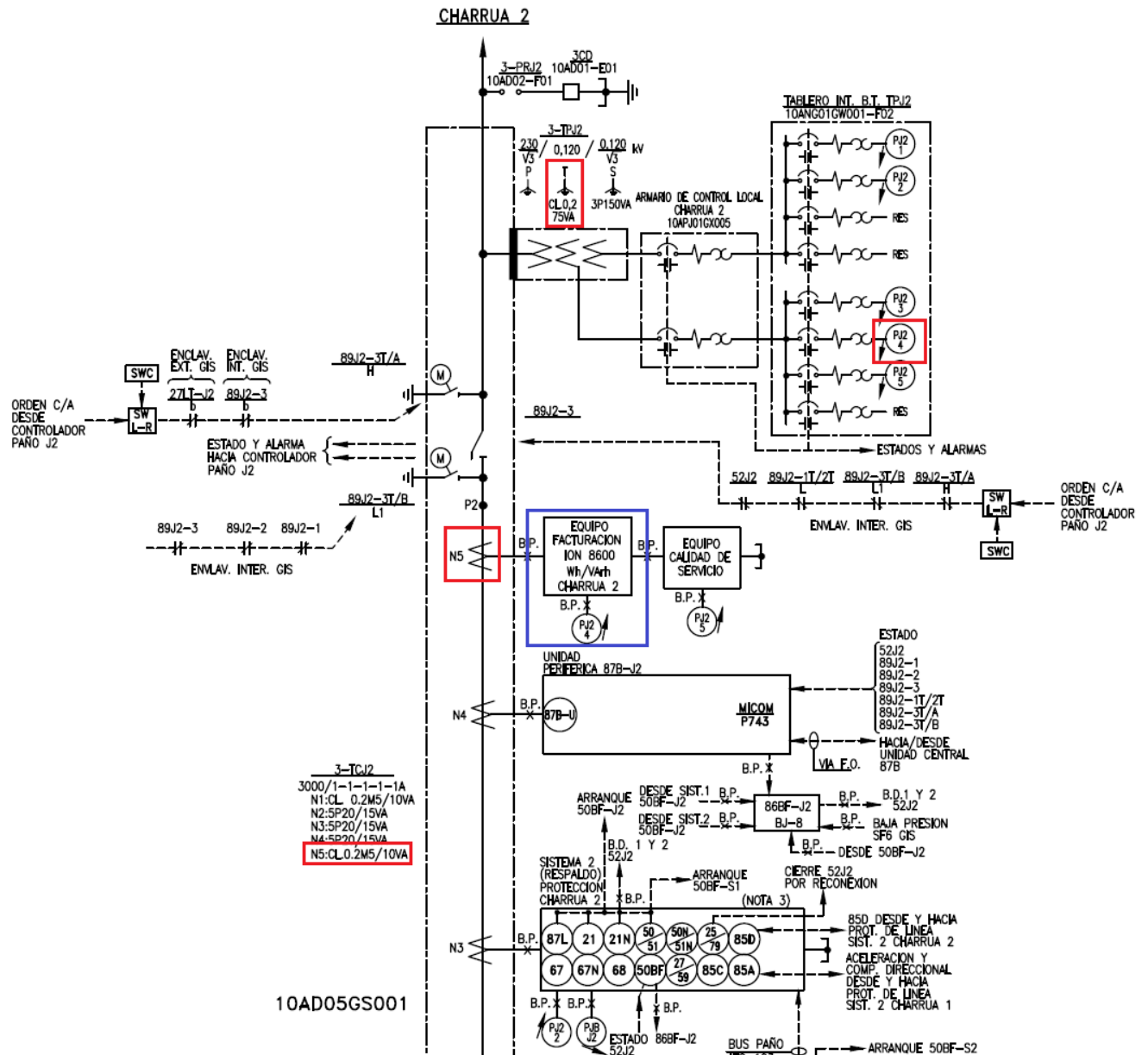


Figura 9.8 – Unilineal para mediciones de potencia neta – Charrúa 2

En los siguientes diagramas trifilares se muestran los bornes de conexión de los equipos de medición de potencia neta:



Charrúa 1:

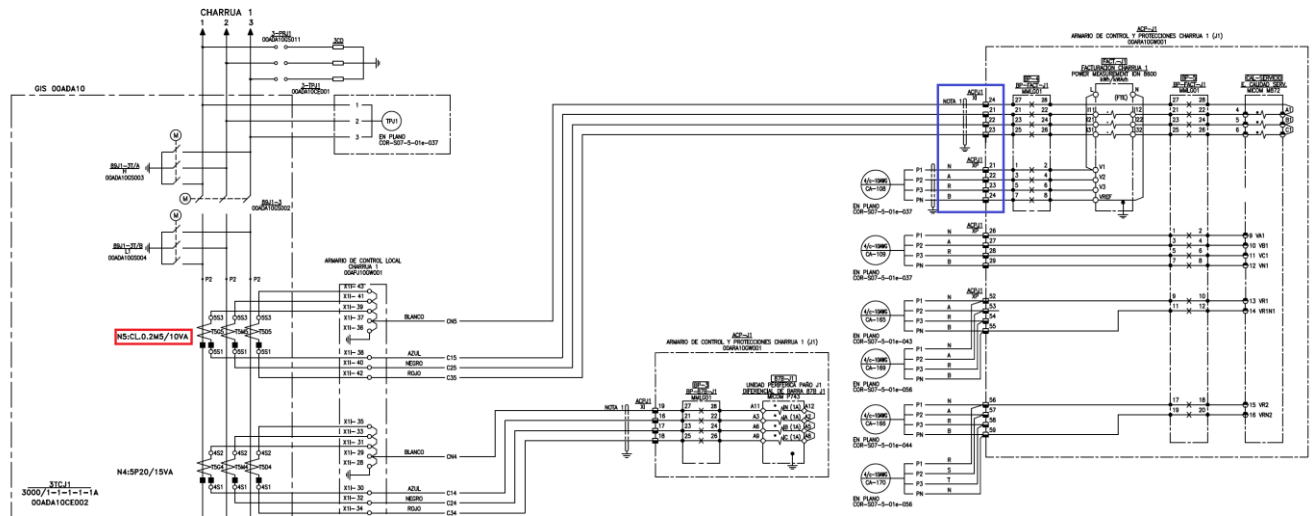


Figura 9.9 – Núcleo de medida TTCC (Charrúa 1)

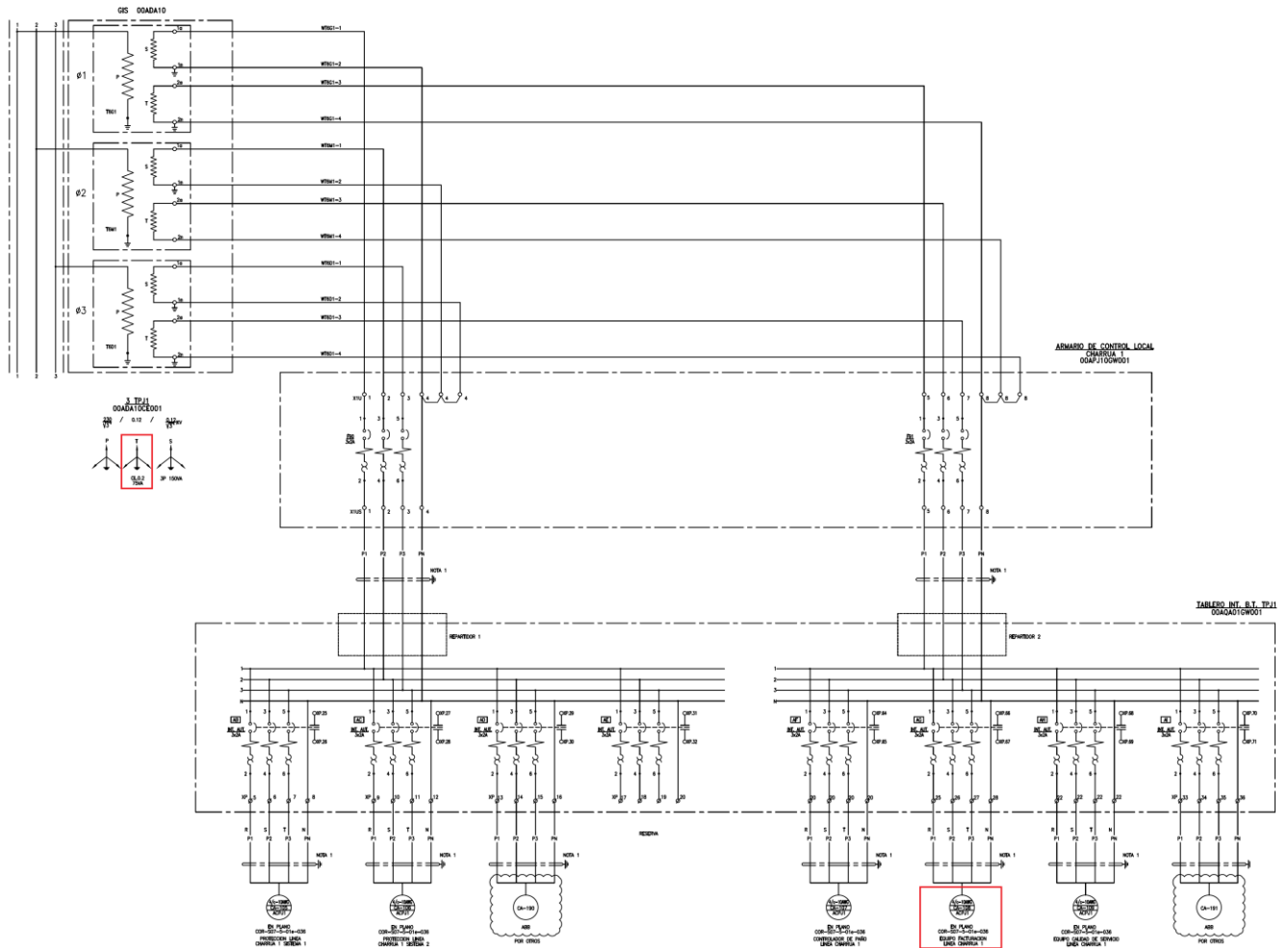


Figura 9.10 – Núcleo de medida TTPP (Charrúa 1)

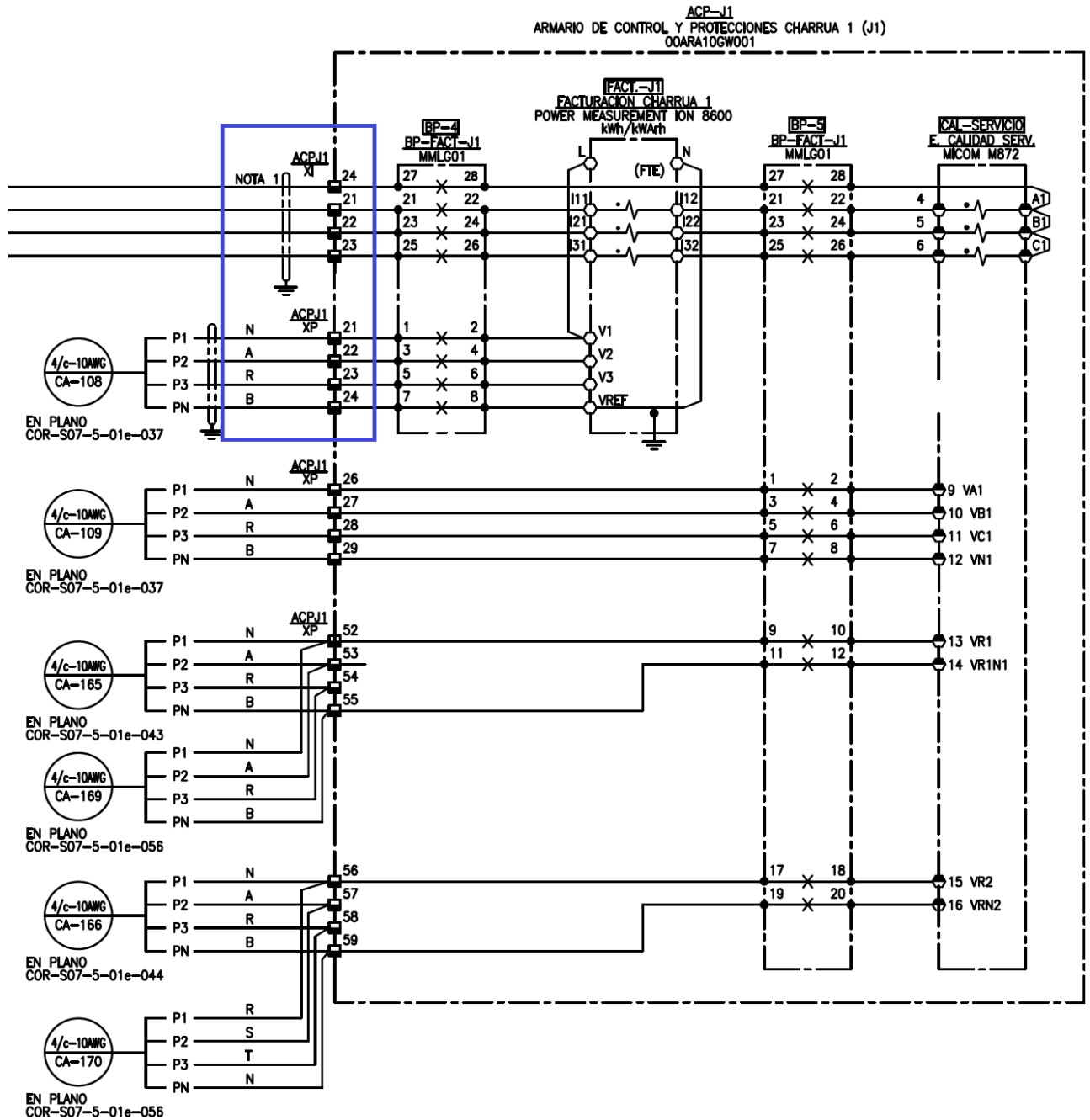


Figura 9.11 – Bornes de conexión ION 8600 para medición de potencia neta (Charrúa 1)



Charrúa 2:

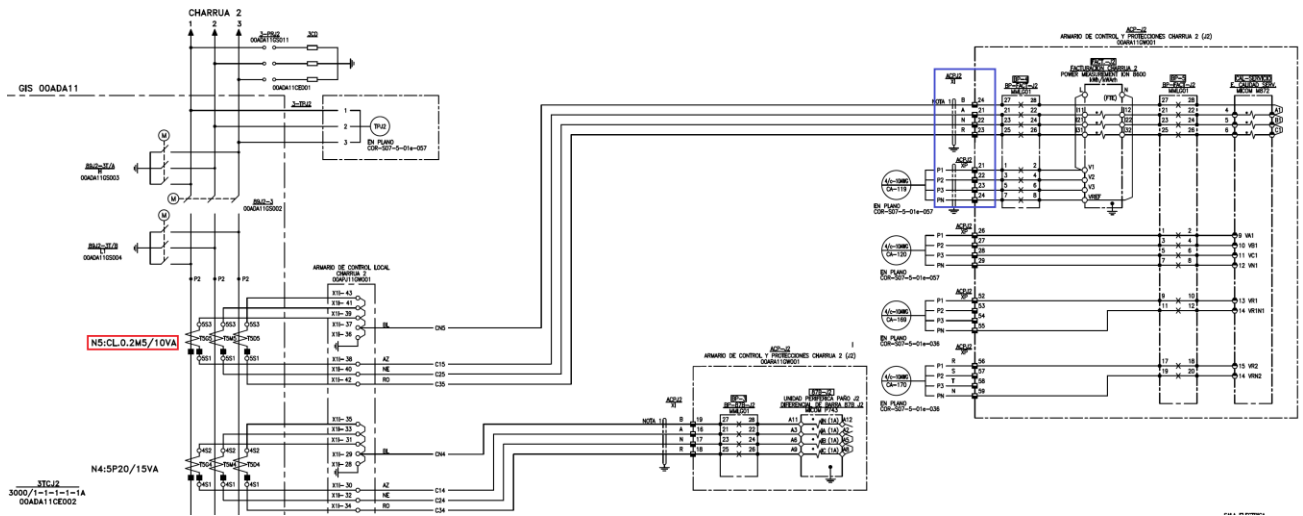


Figura 9.12 – Núcleo de medida TTCC (Charrúa 2)

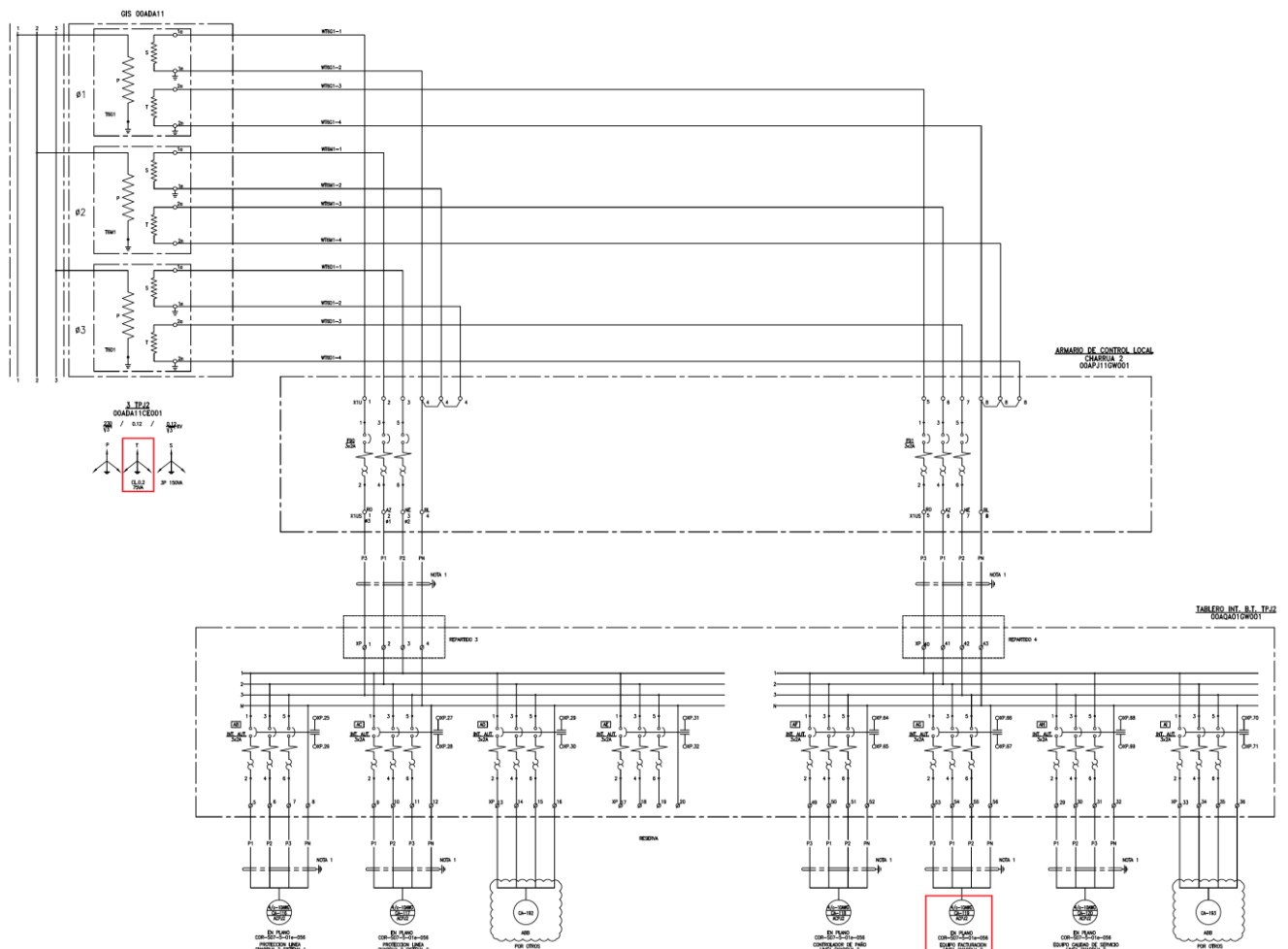


Figura 9.13 – Núcleo de medida TTPP (Charrúa 2)

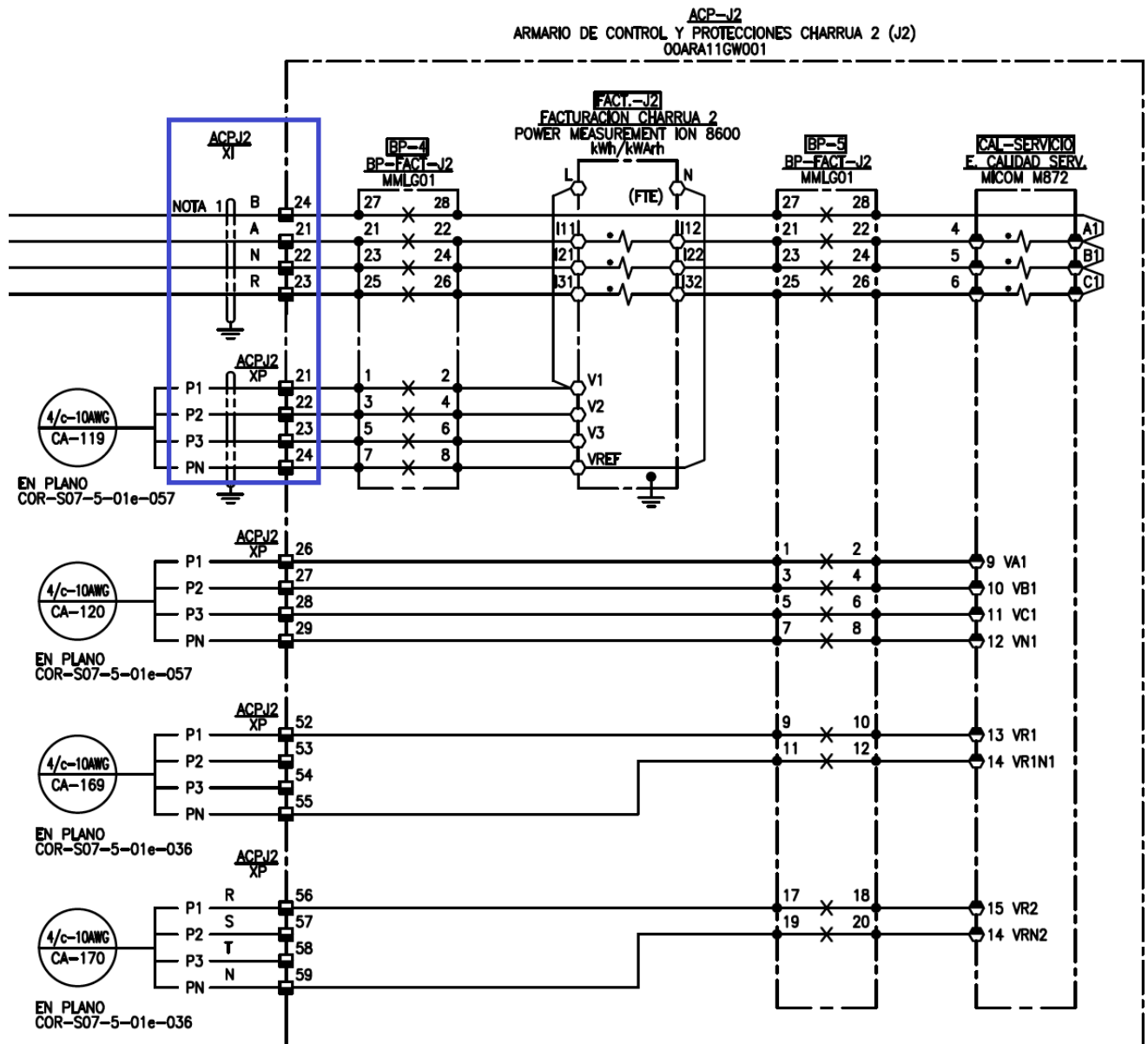


Figura 9.14 – Bornes de conexión ION 8600 para medición de potencia neta (Charrúa 2)

Se incluyen a continuación los antecedentes de los transformadores de tensión y corriente señalados:



Charrúa 1

AREVA							
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE							
e N° F106711101		Sr N° B105-CT / 001 / L781			Año de fabricación 2009		
		IEC 60044-1 : 2003			lth 40 kA 3 s Idyn 100 kA		
		fr 50 Hz			lcth 120 %		
P1	P2						
1S1	1S2	3000/1A	10VA	CI 0,2	FS 5		
P1	P2						
2S1	2S2	3000/1A	15VA	CI 5P20			
P1	P2						
3S1	3S2	3000/1A	15VA	CI 5P20			
P1	P2						
4S1	4S2	3000/1A	15VA	CI 5P20			
P1	P2						
5S1	5S2	3000/1A	10VA	CI 0,2	FS 5		

UDP 245		Transformador de tensión 245/460-3/1050/kV Normas : IEC 60044-2 2003			Año 2009	
O A	O N	Primaria A N	Tensión Nom. : 230.000/√3 V		F Un : 1.5 - 30 sec	
Diagrama		Termin.	Relación	Carga	Clase	VA max
+ o 1a	o 1n	1a - 1n	230.000/√3 V : 120/√3 V	150 VA	3P	500
+ o 2a	o 2n	2a - 2n	230.000/√3 V : 120 V	75 VA	0,2	500
Tensión de ensayo en sitio : 300 kV 50 Hz Hz 60 sec.						
Proyecto : L781 Artículo : F106740001				Manual de instruccion . L781		
Presión SF6 : 6,3 Nominal		5,5 Mínimo		bar rel (IEC 60376)		
Frecuencia : 50 Hz		B105- VT /001/ L781		Peso Total : 210 kg		
AREVA T&D / Aix-les-Bains / France						



Charrúa 2

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Parte N°	F106711101	Sr N°	B105-CT / 006 / L781	Año de fabricación	2009
			IEC 60044-1 : 2003	lth	40 kA 3 s
			fr 50 Hz	ldyn	100 kA
				lcth	120 %

N1	P1 P2 1S1 1S2	3000/1A	10VA	CI 0,2	FS 5		
F3	P1 P2 2S1 2S2	3000/1A	15VA	CI 5P20			
F3	P1 P2 3S1 3S2	3000/1A	15VA	CI 5P20			
F3	P1 P2 4S1 4S2	3000/1A	15VA	CI 5P20			
N1	P1 P2 5S1 5S2	3000/1A	10VA	CI 0,2	FS 5		

UDP 245		Transformador de tensión 245/460-3/1050/kV Normas : IEC 60044-2 2003			Año 2009	
O A	O N	Primaria A N	Tensión Nom. : 230.000/√3 V		F Un : 1.5 - 30 sec	
Diagrama		Termin.	Relación	Carga	Clase	VA max
+	o	1a - 1n	230.000/√3 V : 120/√3 V	150 VA	3P	500
1a	o					
+	o	2a - 2n	230.000/√3 V : 120 V	75 VA	0,2	500
2a	o					
Tensión de ensayo en sitio : 300 kV 50 Hz Hz 60 sec.						
Proyecto : L781			Manual de instrucción : L781			
Artículo : F106740001						
Presión SF6 : 6,3 Nominal			5,5 Mínimo		bar rel (IEC 60376)	
Frecuencia : 50 Hz			B105- VT /006/ L781		Peso Total : 210 kg	
AREVA T&D / Aix-les-Bains / France						

En el siguiente esquema se presenta la ubicación de las termocuplas que permiten medir la temperatura de agua de circulación.

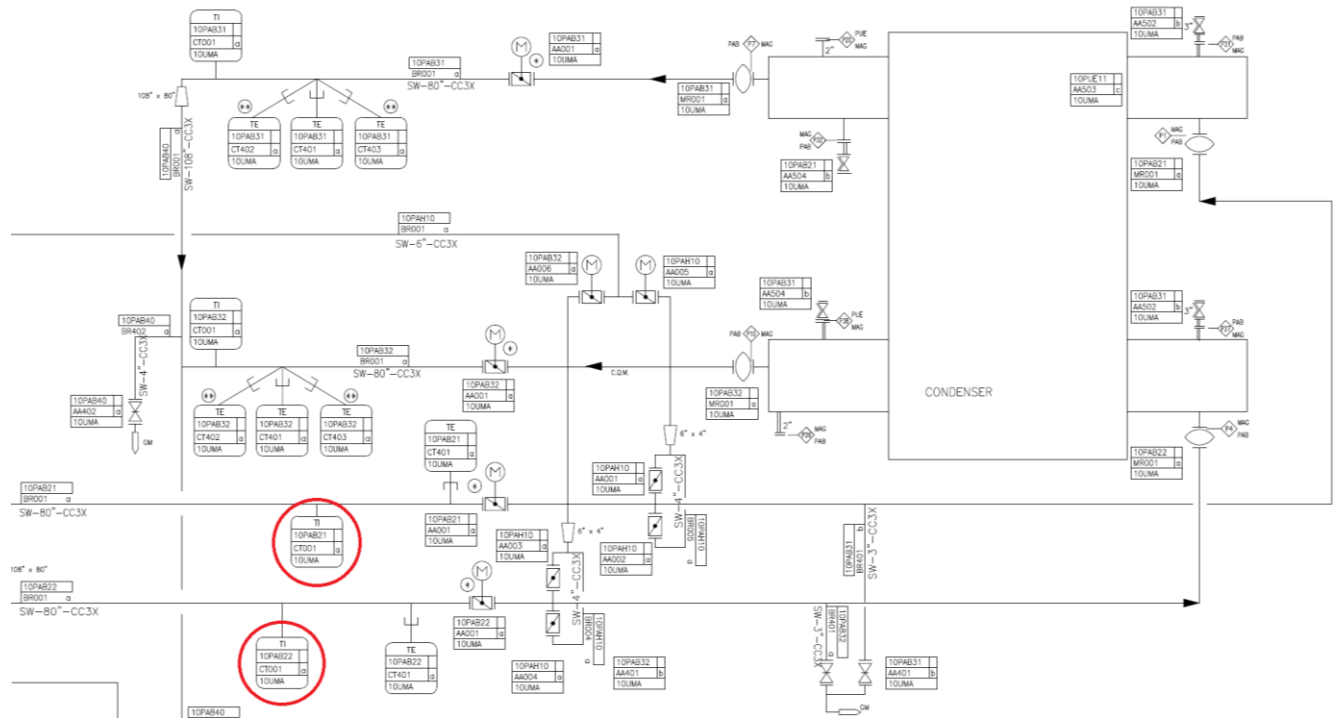


Figura 9.15 – Ubicación termocuplas para la medición de temperatura de agua de circulación



9.3 Instrumentos de medición

En este apartado se describen las características principales de los instrumentos a utilizar y se presentan sus certificados actualizados de calibración.

9.3.1 Potencia bruta/FP

Se utilizó el medidor que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Este medidor es clase 0.2 y cumple con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

El Coordinado realizó pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. A continuación, se incluye el certificado de calibración.

Los registros de datos se realizaron con una tasa de muestreo cada 1 minuto y se entregaron en formato csv.



INFORME DE ENSAYO

CERTIFICADO DE COMPROBACIÓN DE EXACTITUD DE MEDIDOR.

Tecnet S. A., Organismo de Comprobación de Exactitud de Medidores de Energía Eléctrica, según resoluciones exentas SEC N° 219 del 19 de Febrero de 2001.

Certificado N° CVM-TDO1665 - 16 - 08

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE.

Razón Social	Colbún S.A.
Dirección	Avenida Apoquindo 4775 Piso 11, Las Condes
Ciudad	SANTIAGO
Orden de Compra	G.C.N°361/20
Fecha de Solicitud	06/11/2020

2. CARACTERÍSTICAS MEDIDOR DE ENERGÍA.

Marca	Schneider Electric
Modelo	ION8600
N° de Serie	MT-0904A079-01
Tensión Nominal	3 x 57 - 277 V L-N
Corriente	3 x 1(2.5) A
Frecuencia	50 Hz.
Constante	1,8 Wh/Imp
Año Fabricación	2009
Clase Exactitud Activo	± 0,2s %
Clase Exactitud Reactivo	± 2%
Constante Lectura	1
Lectura Dejada Activo	6790064.0 kWh
Lectura Dejada Reactivo	1660956.0 kVARh
Estado	En Servicio

3. OBSERVACIONES.

El equipo patrón utilizado cuenta con su Certificado de Calibración vigente y ha sido calibrado y trazado al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado sólo puede ser difundido íntegro y sin modificaciones ni enmiendas.

Este certificado es válido sólo con firma y timbre.

Medidor se entrega con logo y sello TECNET.

Responsables de las pruebas de comprobación:

* Avda. Las Parcelas N°5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl


Jaime Cisternas R.
15.172.328-4

13/11/2020
Fecha



Página 1 de 3

Figura 9.16 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta



4. CONDICIONES DE LA COMPROBACIÓN DE EXACTITUD.

4.1. LUGAR DE ENSAYO.

Lugar	Sala Eléctrica PLANTA SANTA MARIA COLBUN.
Fecha ejecución	12/11/2020
Realizó	Jaime Cisternas R.
Procedimiento aplicado	PR-GM-17, IN-GM-04

4.2. CARACTERÍSTICAS PATRÓN.

Marca	MTE
Modelo	PTS 3,3C
Clase	$\pm 0.05 \%$
N° serie	37308

4.3. CONDICIÓN DE MEDIDA.

Tipo de Medida	Directa
Temperatura	Ambiente
Humedad	Ambiente
Voltaje Nomina	120 (V)
Corriente Nominal (In)	1 (A)
Frecuencia	50 Hz

4.4. TRATAMIENTO SELLOS MEDIDOR.

	Encontrados.	Dejados.
Cubierta	SIN SELLOS	TECNET 62324
Bornes	SIN SELLOS	*
Reset	SIN SELLOS	TECNET 62328

4.5. PRUEBAS DE COMPROBACIÓN EXACTITUD.

La interpretación de los resultados de las pruebas se realizaron tomando como referencia los requisitos establecidos en las normas técnicas de medidores vigentes.

El error relativo calculado está referido a la energía activa o reactiva, según corresponda.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas para comprobar la exactitud del medidor de energía identificado en punto 2.

* Avda. Las Parcelas N°5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl



Página 2 de 3

Figura 9.17 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta



4.5.1. TABLA ERRORES MODO ENERGÍA ACTIVA.

PRUEBAS TRIFASICAS A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	FP	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1-2-3	100	1	-0.051	-0.051	-0.047	-0.047	± 0.2
1-2-3	100	0.5	0.299	0.299	0.001	0.001	± 0.3
1-2-3	10	1	0.017	0.017	-0.038	-0.038	± 0.2
1-2-3	10	0.5	0.219	0.219	0.000	0.000	± 0.3

PRUEBAS POR ELEMENTO A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	FP	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1	100	1	-0.222	-0.222	-0.413	-0.413	± 0.3
2	100	1	0.234	0.234	4.955	4.955	± 0.3
3	100	1	-0.135	-0.135	-0.112	-0.112	± 0.3
1	100	0.5	-0.238	-0.238	-0.255	-0.255	± 0.4
2	100	0.5	0.352	0.352	0.262	0.262	± 0.4
3	100	0.5	-0.145	-0.145	-0.128	-0.128	± 0.4

4.5.2. TABLA ERRORES CON ENERGÍA REACTIVA.

PRUEBAS TRIFASICAS A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	SenØ	Error %				Limite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1-2-3	100	1	-0.046	-0.046	-0.006	-0.006	± 2.0
1-2-3	100	0.5	-0.253	-0.253	-0.140	-0.140	± 2.0
1-2-3	10	1	-0.015	-0.015	-0.044	-0.044	± 2.0
1-2-3	10	0.5	-0.210	-0.210	-0.094	-0.094	± 2.0

PRUEBAS POR ELEMENTO A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	SenØ	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1	100	1	-0.206	-0.206	-0.220	-0.220	± 3.0
2	100	1	0.155	0.155	0.130	0.130	± 3.0
3	100	1	-0.152	-0.152	-0.152	-0.152	± 3.0
1	100	0.5	-0.193	-0.193	-0.210	-0.210	± 3.0
2	100	0.5	-0.063	-0.063	0.002	0.002	± 3.0
3	100	0.5	-0.102	-0.102	-0.105	-0.105	± 3.0

4.6. PRUEBA DE ARRANQUE.

No Realizada.

4.7. PRUEBA DE MARCHA EN VACÍO.

No Realizada.

5. CONCLUSIONES.

Tecnet S.A. certifica la exactitud de la medida del medidor de energía sujeto a pruebas, según los errores indicados en este Informe de Ensayo.

El medidor en su módulo Activo, No Cumple con los límites de exactitud especificados para su clase, según lo establecido en la norma IEC 62053-22 :2003.

El medidor en su módulo Reactivo, Cumple con los límites de exactitud especificados para su clase, según lo establecido en la norma IEC 62053-23 :2003.

El medidor en su placa de características, cumple con los requisitos de marcado, según lo establecido en la norma IEC 62052-11 :2003.

* Avda. Las Parcelas N°5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl



Página 3 de 3

Figura 9.18 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta



9.3.2 Potencia neta

Se utilizaron los medidores de facturación ubicados en los paños J1 Charrúa línea 1 y J2 Charrúa línea 2 de la S/E Charrúa 220kV, los cuales cumplen con los requerimientos establecidos en el anexo técnico, sin embargo, se encuentran con la calibración vencida.

El Coordinado realizó pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. A continuación, se incluye el certificado de calibración.

Los registros de datos se realizarán con una tasa de muestreo cada 1 minuto y serán entregados en formato csv.



CLB20201200005

CERTIFICADO DE EXACTITUD DEL MEDIDOR

FECHA SERVICIO		10/12/2020		IDENTIFICACIÓN DEL MEDIDOR	
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE					
Nombre		Colbún			
S/E o Central		Central Santa María			
PATRÓN DE REFERENCIA					
Consola	MTE PTS 3.3C	N° Serie	37974		
Clase de Exactitud		+/- 0,05			
CONDICIONES DE LA MEDIDA					
Tipo de Medida		Estrella			
Tensión Aplicada		3 x 69,3 (120) [V] 50 [Hz]			
Corriente Nominal		3 x 1 (2) [A]			
RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN					
Componente Activa					
N°	Fase	Cte. [%]	Factor	Error [%]	Límite Norma [%]
1	123	100	1,0	-0,041	+/- 0,2
2	123	100	0,5	-0,052	+/- 0,3
3	123	10	1,0	-0,041	+/- 0,2
4	1	100	1,0	-0,074	+/- 0,3
5	2	100	1,0	-0,098	+/- 0,3
6	3	100	1,0	-0,098	+/- 0,3
7	1	100	0,5	0,002	+/- 0,4
8	2	100	0,5	-0,102	+/- 0,4
9	3	100	0,5	-0,053	+/- 0,4
10	123	10	0,5	-0,015	+/- 0,3
Componente Reactiva					
N°	Fase	Cte. [%]	Factor	Error [%]	Límite Norma [%]
1	123	100	1,0	-0,101	+/- 2,0
2	123	100	0,5	-0,051	+/- 2,0
3	123	10	1,0	-0,058	+/- 2,0
4	1	100	1,0	-0,033	+/- 3,0
5	2	100	1,0	-0,067	+/- 3,0
6	3	100	1,0	-0,113	+/- 3,0
7	1	100	0,5	-0,031	+/- 3,0
8	2	100	0,5	-0,053	+/- 3,0
9	3	100	0,5	-0,05	+/- 3,0
10	123	10	0,5	-0,048	+/- 3,0
Cumple Clausula 8.1 Norma IEC 62053-22 Clase 0,2			Cumple Clausula 8.1 Norma IEC 62053-23 Clase 2		
Energía en Display		Tipo de Display		Electronico	
CONCLUSIONES					
El medidor cumple con la cláusula 8.1 de la Norma IEC 62053-22 referente a los límites de error para su clase de exactitud, en la componente Activa.					
El medidor cumple con la cláusula 8.1 de la Norma IEC 62053-23 referente a los límites de error para su clase de exactitud, en la componente Reactiva.					

Página 1 de 2

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra ensayada y CAM Chile S.p.a. declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciere del presente Certificado.

Figura 9.19 – Certificado de calibración de medidor de potencia neta



CLB20201200006

CERTIFICADO DE EXACTITUD DEL MEDIDOR

FECHA SERVICIO		10/12/2020		IDENTIFICACIÓN DEL MEDIDOR	
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE					
Nombre		Colbún			
S/E o Central		Central Santa María			
PATRÓN DE REFERENCIA					
Consola	MTE PTS 3.3C	N° Serie	37974		
Clase de Exactitud		+/- 0,05			
Marca		Schneider Electric			
Tipo		ION 8600			
Número de Serie		PT-0811A503-01			
Ubicación		STAMARIA_220_J2_CLB			
Clase de Exactitud		0,2			
Estado		Activo			
CONDICIONES DE LA MEDIDA					
Tipo de Medida		Estrella			
Tensión Aplicada		3 x 69,3 (120) [V] 50 [Hz]			
Corriente Nominal		3 x 1 (2) [A]			
Constante Medidor		0.18 [Wh/Imp]			
Temperatura		Ambiente			
N° de Elementos		3E - 4H			
Conexión		DIRECTA			
RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN					
Componente Activa					
N°	Fase	Cte. [%]	Factor	Error [%]	Límite Norma [%]
1	123	100	1,0	-0,108	+/- 0,2
2	123	100	0,5	-0,07	+/- 0,3
3	123	10	1,0	-0,104	+/- 0,2
4	1	100	1,0	-0,119	+/- 0,3
5	2	100	1,0	-0,138	+/- 0,3
6	3	100	1,0	-0,12	+/- 0,3
7	1	100	0,5	0,022	+/- 0,4
8	2	100	0,5	-0,16	+/- 0,4
9	3	100	0,5	-0,11	+/- 0,4
10	123	10	0,5	-0,028	+/- 0,3
Componente Reactiva					
N°	Fase	Cte. [%]	Factor	Error [%]	Límite Norma [%]
1	123	100	1,0	-0,105	+/- 2,0
2	123	100	0,5	-0,099	+/- 2,0
3	123	10	1,0	-0,098	+/- 2,0
4	1	100	1,0	-0,081	+/- 3,0
5	2	100	1,0	-0,12	+/- 3,0
6	3	100	1,0	-0,142	+/- 3,0
7	1	100	0,5	0,002	+/- 3,0
8	2	100	0,5	-0,122	+/- 3,0
9	3	100	0,5	-0,147	+/- 3,0
10	123	10	0,5	-0,022	+/- 3,0
Cumple Clausula 8.1 Norma IEC 62053-22 Clase 0,2					
Cumple Clausula 8.1 Norma IEC 62053-23 Clase 2					
Energía en Display		Tipo de Display		Electronico	
CONCLUSIONES					
El medidor cumple con la cláusula 8.1 de la Norma IEC 62053-22 referente a los límites de error para su clase de exactitud, en la componente Activa. El medidor cumple con la cláusula 8.1 de la Norma IEC 62053-23 referente a los límites de error para su clase de exactitud, en la componente Reactiva.					

Página 1 de 2

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra ensayada y CAM Chile S.p.a. declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciere del presente Certificado.

Figura 9.20 – Certificado de calibración de medidor de potencia neta



9.3.3 Temperatura de agua de circulación

Se utilizaron las termocupas 10PAB21CT001 y 10PAB22CT001 de la unidad, las cuáles se ubican según lo mostrado en la Figura 9.15. Se presentan a continuación los protocolos de comprobación de ambas termocupas, los cuales tienen fecha del 5 y 6 de agosto de 2020 y por lo tanto se encontraban vigentes para la fecha de ensayos.

El registro se tomó con el sistema de planta con una tasa de muestreo de una muestra por segundo.



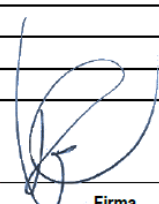
KKS		DESCRIPCIÓN DE LA MEDICIÓN					FECHA	
10PBA21CT001		TEMPERATURA DUCTO DE ENTRADA DE AGUA DE MAR A CONDENSADOR, LADO ANDES					05-08-2020	
 PROTOCOLO DE COMPROBACIÓN TRANSMISORES DE TEMPERATURA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL (RE-CSM-IC-003)								
DATOS DEL TRANSMISOR								
Fabricante	ENDRESS & HAUSER	Suministro	11 - 40 VDC					
Modelo	TMT162	Protocolo Comprobación	HART - 2 HILOS					
Serie	C100EB04233	Damping	2 SEGUNDOS					Unidad Medida
Entrada	RESISTENCIA	Rango Equipo	-200	a	1120	°C		
Salida	4 - 20 mA	Rango Trabajo	0	a	60	°C		
Precisión	99,94%	Condición falla sensor	FONDO DE ESCALA (ALTO)					
Tipo de Sensor	RTD DE 3 HILOS	Largo	465 mm	Diametro	6 mm			
DATOS DE CONDICIONES Y MATERIALES PARA COMPROBACIÓN								
Patrón de Temperatura		Patrón de Corriente		Condiciones				
Fabricante	FLUKE	Fabricante	FLUKE	T° amb.	20 °C			
Modelo o Tipo	MICRO BAÑO 7102	Modelo o Tipo	789	H° rel.	---			
Serie	B74580	Serie	78918680126	en Sitio		en Lab.	X	
Precisión	99,61%	Precisión	99,99%					
Resolución	0,01 °C / °F	Resolución	0,001 mA					
Rango	-5 A 125 °C (23 A 257 °F)	Rango	0 a 30 mA (DC)					
Fecha Ult. Certific.	23 DE JULIO DE 2020	Fecha Ult. Certific.	15 DE JULIO DE 2020					
DATOS DE COMPROBACIÓN DEL TRANSMISOR ANTES DEL AJUSTE								
% de rango	Valores de Entrada (patrones)		Valor Leído (Salida)		Cálculo de error (%)		Error Maximo Temperatura	Error Maximo Corriente
	Temperatura	Corriente	Temperatura	Corriente	Temperatura	Corriente		
0%	0,00	4,0	0,45	4,112	0,750%	-0,560%		
25%	15,00	8,0	15,49	8,120	0,817%	-0,600%	0,817%	0,600%
50%	30,00	12,0	30,49	12,120	0,817%	-0,600%	Error Promedio Temperatura	Error Promedio Corriente
75%	45,00	16,0	45,48	16,115	0,800%	-0,575%		
100%	60,00	20,0	60,48	20,110	0,800%	-0,550%	0,797%	0,577%
DATOS DE CONTRASTACION DEL TRANSMISOR DESPUES DEL AJUSTE (SÍ APLICA)								
% de rango	Valores de Entrada (patrones)		Valor Leído (Salida)		Cálculo de error (%)		Error Maximo Temperatura	Error Maximo Corriente
	Temperatura	Corriente	Temperatura	Corriente	Temperatura	Corriente		
0%	0,00	4,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA		
25%	15,00	8,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
50%	30,00	12,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	Error Promedio Temperatura	Error Promedio Corriente
75%	45,00	16,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA		
100%	50,00	20,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
OBSERVACIONES								
SOLO SE REALIZA VERIFICACION A EQUIPO								
VICTOR ESCOBAR UVAL Nombre Ejecutante Comprobación.  Firma								

Figura 9.21 – Protocolo de comprobación Transmisor

Colbun

PROTOCOLO DE COMPROBACIÓN

TRANSMISORES DE TEMPERATURA

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL (RE-CSM-IC-003)

KKS

10PBA22CT001

DESCRIPCIÓN DE LA MEDICIÓN

TEMPERATURA DUCTO DE ENTRADA DE AGUA DE MAR A CONDENSADOR, LADO OCEANO

FECHA

06-08-2020

DATOS DEL TRANSMISOR

Fabricante	ENDRESS + HAUSER	Suministro	11 - 40 VDC			
Modelo	TMT 162	Protocolo Comprobación	HART - 2 HILOS			
Serie	C100EB04223	Damping	2 SEGUNDOS			Unidad Medida
Entrada	RESISTENCIA	Rango Equipo	-200	a	1120	°C
Salida	4 - 20 mA	Rango Trabajo	0	a	60	°C
Precisión	99,96%	Condición falla sensor	FONDO DE ESCALA (ALTO)			
Tipo de Sensor	RTD DE 3 HILOS	Largo	465 mm	Diametro	6 mm	

DATOS DE CONDICIONES Y MATERIALES PARA COMPROBACIÓN

Patrón de Temperatura		Patrón de Corriente		Condiciones	
Fabricante	FLUKE	FLUKE		T° amb.	20 °C
Modelo o Tipo	MICRO BAÑO 7102	789		H° rel.	---
Serie	B74580	78918680126		en Sitio	en Lab. X
Precisión	99,91%	99,99%			
Resolución	0,01 °C / °F	0,001 mA			
Rango	-5 A 125 °C (23 A 257 °F)	0 a 30 mA (DC)			
Fecha Ult. Certific.	23 DE JULIO DE 2020	15 DE JULIO DE 2020			

DATOS DE COMPROBACIÓN DEL TRANSMISOR ANTES DEL AJUSTE

% de rango	Valores de Entrada (patrones)		Valor Leído (Salida)		Cálculo de error (%)		Error Maximo Temperatura	Error Maximo Corriente
	Temperatura	Corriente	Temperatura	Corriente	Temperatura	Corriente		
0%	0,00	4,0	0,50	4,140	0,833%	-0,700%		
25%	15,00	8,0	15,48	8,130	0,800%	-0,650%	0,833%	0,700%
50%	30,00	12,0	30,47	12,130	0,783%	-0,650%	Error Promedio Temperatura	Error Promedio Corriente
75%	45,00	16,0	45,42	16,120	0,700%	-0,600%		
100%	60,00	20,0	60,34	20,100	0,567%	-0,500%	0,737%	0,620%

DATOS DE CONTRASTACION DEL TRANSMISOR DESPUES DEL AJUSTE (SÍ APLICA)

% de rango	Valores de Entrada (patrones)		Valor Leído (Salida)		Cálculo de error (%)		Error Maximo Temperatura	Error Maximo Corriente
	Temperatura	Corriente	Temperatura	Corriente	Temperatura	Corriente		
0%	0,00	4,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA		
25%	15,00	8,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
50%	30,00	12,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	Error Promedio Temperatura	Error Promedio Corriente
75%	45,00	16,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA		
100%	50,00	20,0	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA

OBSERVACIONES

SOLO SE REALIZA VERIFICACION A EQUIPO

<

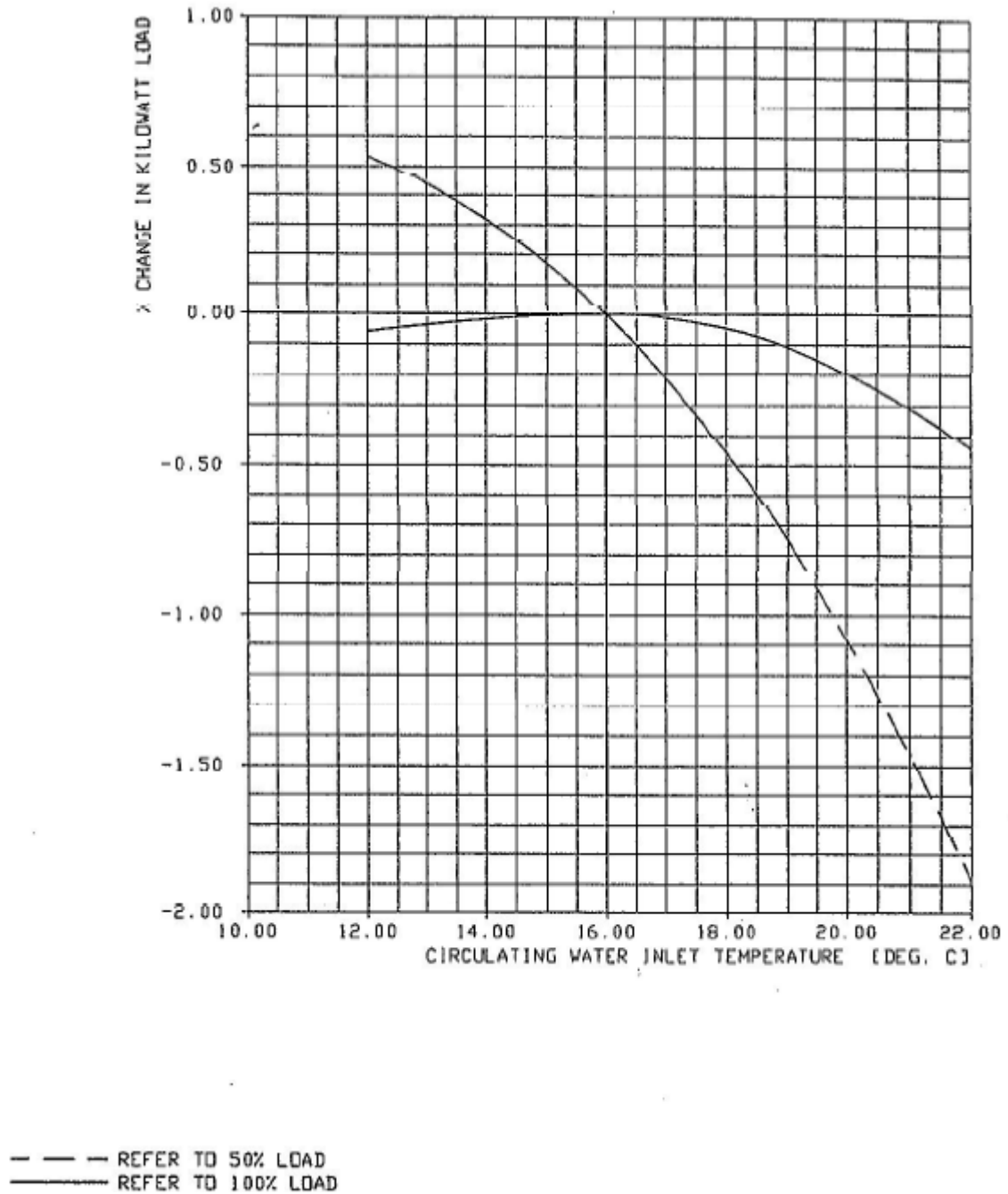
Figura 9.22 – Protocolo de comprobación Transmisor



9.4 Curvas de corrección

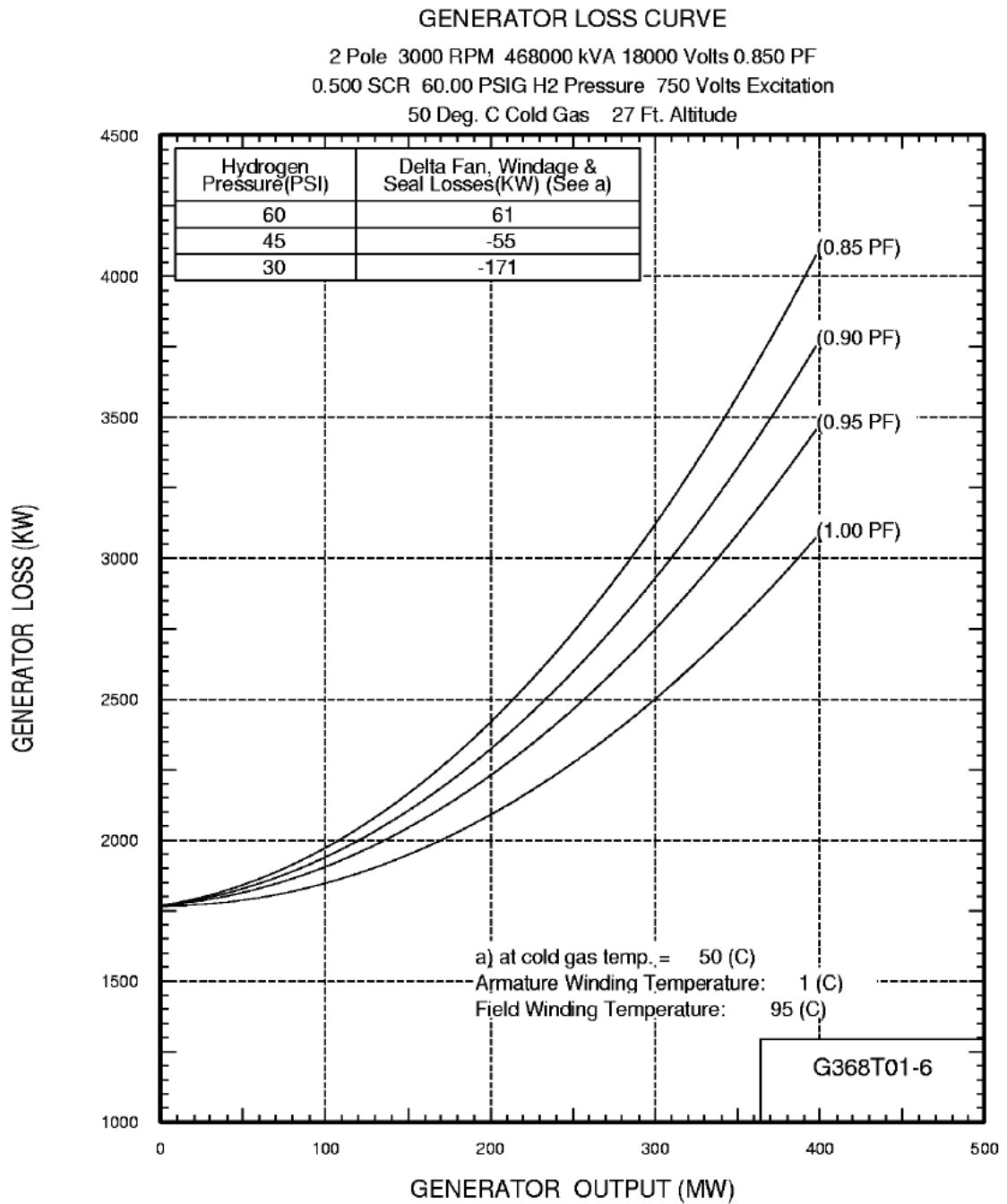
Siendo que el Coordinado no dispone de una curva de corrección de la potencia bruta por temperatura de agua de circulación, se propone utilizar el de una máquina similar. En este caso las partes estuvieron de acuerdo en utilizar la siguiente curva disponible públicamente⁵.

5 P22 Protocolo: <https://www.coordinador.cl/wp-content/old-docs/2018/08/Anexos-Informe-T%C3%A9cnico-Final-Potencia-M%C3%A1xima-Central-Termoel%C3%A9ctrica-Mejillones-Unidad-CTM2.zip>





La siguiente curva permite calcular las pérdidas en el generador y serán utilizadas para la corrección por factor de potencia (de corresponder).





9.5 Acta de ensayos

Se incluye a continuación el acta labrada al finalizar los ensayos en planta.



ESTUDIOS ELÉCTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	14/dic/2020	Empresa	Colbún - CT Santa María
ID Proyecto	EE-2020-113	Ubicación	Coronel, Chile
Denominación Unidad	TV1		

Datos unidad

Potencia aparente nominal [MVA]	468	Factor de potencia nominal	0.85
Tensión de estator nominal [kV]	18	Corriente de campo nominal [A]	2444
Potencia activa máxima [MW]	369.989 <i>declarado CEN</i>	Tensión de campo nominal [V]	750
Corriente de estator nominal [kA]	15.011	Tipo de excitación	Estática

Responsables durante la prueba

Coordinado	Alexis Sepúlveda - Supervisor de Mantenimiento - Colbún SA Julian Larrea - Ingeniero Especialista - Colbún SA
Coordinador	Jorge Da Costa - Coordinador Eléctrico Nacional Eduardo Gonzalez - Coordinador Eléctrico Nacional
Experto técnico	Andrés Capalbo - Estudios Eléctricos
Otros	-

Datos de la prueba

Estado previo de la unidad	En servicio	Arranque de la unidad (fecha-hora)	N/A
Inicio del período de estabilización	21:08Hs (día anterior)	Fin del período de estabilización	00:45 Hs
Inicio del período de prueba	00:45 Hs	Fin del período de prueba	5:45 Hs
Protocolo aplicable	EE-EN-2020-1813 Rev D	Desvíos del protocolo	Sin desvíos.

Firmas Aclaración/Empresa			
	Alexis Sepúlveda	Andrés Capalbo	

www.estudios-electricos.com



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia Neta	ION 8600 – N° Serie: PT-0811A502-01 y PT-0811A503-01. Equipo de medición (facturación) de planta utilizando TC y TP clase 0.2
Potencia Bruta y FP	ION 8600 – N° Serie: MT-0904A079-01. Equipo de instalación permanente en planta utilizando TP y TC clase 0.2
Potencia SSAA	No se mide.
Temperatura de agua de circulación.	Termocuplas 10PAB21CT001 y 10PAB22CT001. Instrumentos de planta ubicados a la entrada del condensador.

Valores preliminares

La potencia bruta tuvo los siguientes valores promedio sin corrección durante el desarrollo de las pruebas.

Periodo	1	2	3	4	5
P.Bruta [MW]	370.9	370.5	370.2	370.6	369.9

Firmas Aclaración/Empresa			
	Alexis Sepúlveda	Andrés Capalbo	

Observaciones

www.estudios-electricos.com



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Desvíos del protocolo: No se registraron desvíos.

Desarrollo de la prueba: La unidad se encontraba en operación, desde las 21:08 Hs del día anterior y estabilizada en carga base. Se consignó $FP=0.95$ en el modo de control de factor de potencia, pero éste no respondió al comando. Finalmente se opta por realizar la prueba en el modo de control de potencia reactiva consignando 121MVar. Ya iniciada la prueba, desde operaciones, se informa que la unidad está alarmando repetidamente por sobretensión, se verifica tensión de generador $\sim 19.1kV$. Para reducir este valor y mantener operación normal se ajusta el setpoint de reactivos en 116MVar a las 1:39hs y a 111MVar las 1:49hs, además de solicitársele colaboración al despacho para reducir la tensión de barras.

La unidad logra controlar en forma estable su potencia en bornes desde el inicio hasta el fin de la prueba. En total se registraron 5 Hs en condiciones de potencia máxima.

Estabilidad durante las pruebas: Se observó operación estable. El análisis preciso de la estabilidad en todas las variables establecidas será realizado en el informe final.

Comentarios:

Previo al inicio de las pruebas Colbún entregó los certificados de calibración pendientes correspondientes a los medidores de potencia Neta. Además, se verificó correcta tasa de muestreo de todos los medidores. La sincronización horaria se realizó utilizando como referencia el movimiento de reactivo realizado para llevar el FP a 0.95. Resultó en un adelanto de 1 minuto de las variables medidas en el DCS respecto del medidor de potencia bruta y de un atraso de 1 minuto de los medidores de potencia neta respecto del medidor de potencia bruta.

Colbún entregó la totalidad de los registros digitales de esta prueba. La entrega se compone de tres fuentes de archivos distintas: medición de Pneta, medición de Pbruta, y sistema de planta. Queda pendiente de entrega por parte de Colbún los resultados del análisis de combustible utilizado para ser anexado al informe final.

Conclusiones: Se verificó con éxito que la unidad puede operar a máxima potencia por un período superior a las 5 horas requeridas en el Anexo Técnico. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Potencia Máxima.

Firmas Aclaración/Empresa	Alexis Sepúlveda	Andrés Capalbo	
---	-------------------------	-----------------------	--



9.6 Análisis de combustible

 PCM Lab LABORATORIO DE COMBUSTIBLES		Fono 551 69 83 - Fax 551 74 55 - e-mail laboratorio@pcm.cl Padre Orellana 1421 - Santiago Certificada bajo los Estándares de la Norma ISO 9001-2015		ISO 9001-2015 No Certificado: 3774 - Año 2008 Bureau Veritas	
INFORME DE ANÁLISIS					
Nº COL- 86					
Santiago, 24 de diciembre de 2020					
					# Documento: 60763
					# O.C. Cliente: Pendiente
INFORMACIÓN DEL CLIENTE					
Cliente	COLBUN S.A.	Contacto Comercial	Rolando Manríquez	RUT	96.505.760-9
Dirección	AV. APOQUINDO 4775, PISO 11 Las Condes	Teléfono	56-41-2107318	Fax	
Comuna	Las Condes	Giro	PROD. Y DIST. ENERGÍA	e-mail	rmanriquez@colbun.cl
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Fecha Recepción	21/12/2020	Fecha de Muestreo	14 de Diciembre 2020 00:15 hrs		
ID PCM	51105	Tipo de Muestra	Carbón		
ID Cliente	Carbón 1	Fecha Análisis	24/12/2020		
Representatividad	ND	Lugar de Muestreo	ND		
RESULTADOS DEL ANÁLISIS					
Parámetro	NORMA	Como Recibido	Base Seca		
Humedad Total (%)	ASTM D 3302	12,29			
Humedad Residual (%)	ASTM D 3173 /7582	4,68			
Cenizas (%)	ASTM D 3174 /7582	10,47	11,94		
Materia Volátil (%)	ASTM D 3175 /7582	31,74	36,19		
Carbono Fijo (%)	ASTM D 3172	45,50	51,87		
Azufre (%)	ASTM D 4239	0,68	0,77		
Poder Calorífico Superior (kcal/kg)	ASTM D 5885	6.184	7.051		
Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	ASTM D 5885	5.898	6.806		
Carbono (%)	ASTM D 5373	63,89	72,85		
Hidrógeno (%)	ASTM D 5373	5,58	4,79		
Nitrógeno (%)	ASTM D 5373	1,11	1,26		
Oxígeno (%)	ASTM D 3180	18,27	8,38		
OBSERVACIONES :					
La muestra fue preparada en PCM.					
El Hidrógeno y Oxígeno reportados en base "Como Recibido" incluyen el contenido de éstos elementos en el agua.					
Responsable Verificación			Responsable Aprobación		
Consuelo Araya C. Jefe de Laboratorio			Ernesto Pérez de Arce G. Gerente General		
NOTAS	1. Los resultados reportados son válidos para la muestra ensayada, la que fue proporcionada por el solicitante. 2. El informe de análisis no se debe reproducir sin la aprobación escrita del Laboratorio de PCM Ltda. 3. Las opiniones e interpretaciones de los resultados se realizarán solo en el caso que el cliente lo solicite formalmente. 4.- En caso que PCM haya realizado el Servicio de Muestreo, se indicará en las observaciones del informe la fecha de muestreo, el lugar de muestreo, las condiciones ambientales del muestreo y el procedimiento de muestreo. 5.- En el caso en que PCM Ltda. subcontrate servicios de análisis será informado al cliente previamente. 6.- El informe válido se encuentra firmado y timbrado por los responsables, los informes en formato PDF no son definitivos.				

Hoja 1 de 2



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco