

COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

Santiago, Chile

Espinos S.A.

Central Hidroeléctrica Alto Renaico



Determinación de Potencia Máxima según el Anexo Técnico  
“Determinación de Potencia Máxima en Unidades  
Generadoras”

Reporte Final

## Información General

Informe solicitado por

**Espinos S.A.**

Informe realizado por

Ing. Juan Squadritto M.

Ing. Carlos Moraga F.

Coordinador visita a la Central

Ing. Nicolás Larenas

Fecha solicitud de la asesoría

12/04/2018

Fecha visita a la central

26/04/2018

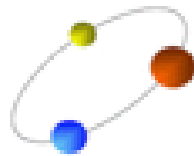
Fecha de envío del Informe versión final

10/10/2019

# INFORME TECNICO

## DETERMINACION DE POTENCIA MAXIMA CENTRAL ALTO RENAICO

Espinos S.A.



Carlos Moraga F

Juan Squadritto M

Elaborado por	CMF/JSM
Aprobó	S.Parra

# Contenido

- RESUMEN EJECUTIVO ..... 5
- OBJETIVO ..... 6
- METODOLOGIA..... 6
- DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL Y EQUIPOS PRINCIPALES ..... 7
  - Datos Relevantes de equipos principales..... 7
- ANTECEDENTES ..... 9
  - Antecedentes y Análisis de Registros de Operación ..... 9
  - Antecedentes Técnicos de Diseño ..... 10
- CONCLUSIONES ..... 11
- ANEXOS ..... 12
  - ANEXO 1 DATOS DE PLACA EQUIPOS PRINCIPALES ..... 12
  - ANEXO 2 DIAGRAMA UNILINEAL..... 14
  - ANEXO 3 CERTIFICADO COMPROBACION EQUIPOS DE MEDIDA..... 15
  - ANEXO 4 DATOS REGISTRADOS POR EQUIPOS DE MEDIDA ..... 17
  - ANEXO 5 REGISTRO DE TEMPERATURAS DÍA DE MAXIMA GENERACION ..... 18

## RESUMEN EJECUTIVO

La Central Hidroeléctrica Alto Renaico, propiedad de Espinos S.A., es una central hidroeléctrica de pasada que cuenta con una sola unidad cuya capacidad nominal en bornes del generador es de 1.377 kW. La central está ubicada en el sector de Alhuelemu, comuna de Mulchén en la VIII Región y capta la totalidad del agua proveniente del canal de regadío Bio Bio Sur en esa zona.

Alto Renaico inició su construcción en el año 2012 e inicia su Operación Comercial en noviembre de 2018.

La energía producida por la central es transportada hasta un Tap Off de la Línea de 23 KV Renaico – Angol, siendo la S/E Angol el punto de inyección al Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

Para dar cumplimiento con el Anexo Técnico: “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras” de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS), Espinos S.A. ha encargado a un experto técnico la elaboración del presente informe para la determinación de la Potencia Máxima de la Central Alto Renaico.

Alto Renaico es una central cuya fuente es renovable no convencional y sin capacidad de regulación, que a la fecha cuenta con un importante número de horas de servicio, las que aportan información suficiente y adecuada para la determinación del valor de Potencia Máxima acorde a lo estipulado en el respectivo Anexo Técnico.

De los antecedentes operacionales de la Central Alto Renaico se concluye que el valor de Potencia Máxima en bornes del generador es de **1.402 kW**.

## OBJETIVO

El objetivo del presente informe es dar a conocer al Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) el valor de Potencia Máxima de la Central Hidroeléctrica Alto Renaico en base a lo establecido en el Anexo Técnico: “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras” de la NTSyCS, de tal manera de obtener la autorización para iniciar su operación comercial.

## METODOLOGIA

El artículo 39 del Anexo Técnico “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras” de la NTSyCS, establece que para las centrales cuya fuente de generación es renovable no convencional, sin capacidad de regulación y que inician su entrada en operación, el valor de potencia máxima se obtendrá en base a los registros de operación, medición de los recursos naturales que inciden en la capacidad para generar energía eléctrica y en las características de diseño de estas centrales.

Al respecto, para el análisis se consideran como fuentes de información confiables los registros de los equipos de medida y los antecedentes técnicos de diseño de los equipos que el fabricante garantizó contractualmente.

Para la obtención del valor de la potencia máxima sostenida durante un período de 5 horas, éste se obtuvo a partir de 20 registros consecutivos de energía generada cada 15 minutos, información que se obtuvo de los equipos de medida cuya Clase es 0,2, y cuentan con los respectivos certificados de verificación (Anexo 3). Por otra parte, dado que los equipos de medida se encuentran aguas abajo del transformador de salida, su medida incluye además del consumo de los servicios auxiliares, las pérdidas del transformador principal y el consumo administrativo. Esto se puede apreciar en el diagrama unilineal de la central (Anexo 2).

En atención a lo expuesto, la Potencia Máxima será determinada en función de los registros de los equipos de medida, más las pérdidas del transformador principal.

Respecto a las características de diseño aportadas por el fabricante, se verificará que la Potencia Máxima no comprometa la integridad de la unidad y puede ser sostenida en forma estable y segura.

El valor de Potencia Máxima se determinó a partir de los registros de energía del año 2017, que corresponde al valor promedio de un período de 5 horas continuas, en que la potencia de la central se mantuvo dentro de una banda de +/- 1,5% respecto al valor promedio.

Durante este período de operación, tanto la altura de generación de la unidad se mantuvo dentro de un rango de desviación de 0,5 % (8,5 cm).

## DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL Y EQUIPOS PRINCIPALES

Central Alto Renaico es una central de pasada que aprovecha un desnivel singular de 17 metros que presenta el canal de regadío Bío Bío Sur en la zona de Alhuelemu, comuna de Mulchén. Dado el bajo desnivel, la turbina hidráulica más adecuada es una Kaplan o una del tipo bulbo, y para esta central Espinos S.A. optó por una tipo Kaplan de eje horizontal.

Las obras de la central se inician en su Cámara de Carga, la que está conectada directamente al canal de regadío, equipado con rejas para protección de la turbina, vertedero de excedencias y compuertas de entrada y de servicio. Luego, sigue la tubería en presión de 2,3 metros de diámetro, la que va desde la Cámara de Carga hacia la Casa de Máquinas, con un desnivel de 17 metros y 60 metros de desarrollo.

Junto a la Casa de Máquinas, en un área cercada se encuentra instalado el transformador elevador con los elementos para su conexión a la línea de salida en media tensión en 23 kV.

La central fue concebida para que su operación sea no atendida, por lo que es supervisada y telecomandada en forma remota desde una Sala de Control fuera de las instalaciones.

### Datos Relevantes de equipos principales

<b>Turbina:</b>	Tipo Kaplan, 16 m Altura Neta, 10 m <sup>3</sup> /seg, potencia 1.434 kW, 500 RPM, eje horizontal.
<b>Válvula Principal:</b>	Tipo mariposa, cierre por contrapeso.
<b>Generador:</b>	Sincrónico, 1.700 kVA, 690 V <sub>LL</sub> , FP 0,85, aislación clase F.
<b>Transformador de Poder:</b>	Trifásico, 1.800 kVA, 23/0,69 kV, refrigeración ONAN.

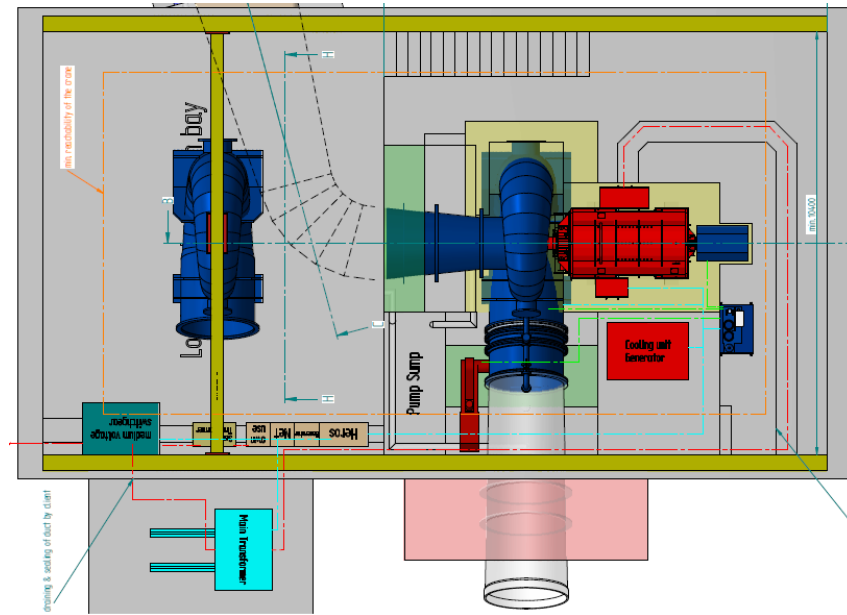


Figura 1: Vista en planta de la central

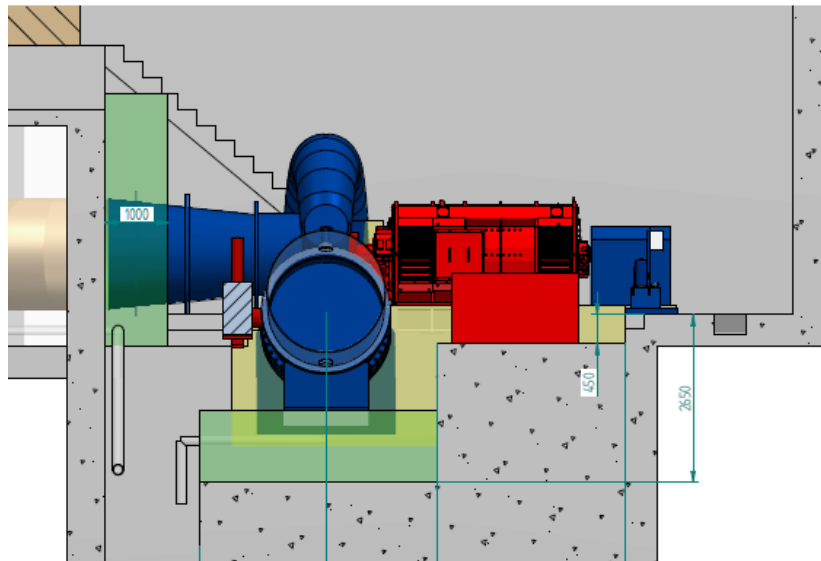


Figura 2: Vista en corte de la central



## ANTECEDENTES

### Antecedentes y Análisis de Registros de Operación

Para la determinación de la Potencia Máxima se analizaron los registros horarios de generación de Alto Renaico en el período enero a diciembre del año 2017, que son representativos de la generación de la central.

La potencia de generación se obtiene como el valor medio de los registros de los equipos de medida aguas abajo del transformador principal, los que miden la energía generada por la central en períodos de 15 minutos. En ellos se buscó la serie de 20 registros consecutivos, equivalentes a 5 horas, en los que estos valores potencia media equivalente se encontraran dentro de una banda correspondiente a su promedio  $\pm 1,5\%$ .

Del análisis de los registros, se pudo observar que los mayores valores de potencia se presentan en los meses de julio y agosto, siendo agosto el mes que presenta el mayor número con períodos de 5 horas que cumplen con los requisitos para determinar la potencia máxima de la central. De todos los valores detectados, el más alto fue de 1.378,6 kW, que corresponde a la operación del día 8 de agosto de 2017, entre las 17 y 22 horas.

Dado que ese valor de potencia incluye las pérdidas del transformador principal, para determinar la potencia bruta en bornes del generador hay que sumarle dicho valor. De los datos de placa del transformador se tiene que las pérdidas en devanados a potencia nominal 1.700 kVA son de 18,8 kW, y como la unidad se operó con FP 1, estas pérdidas escaladas a una potencia 1.378 kVA son de 12,4 kW. Las pérdidas totales en el transformador en este caso son 14,8 kW que corresponden a los 12,4 kW más 2,4 kW por pérdidas en el transformador en vacío.

Respecto a los servicios auxiliares, éstos no cuentan con un medidor que permita conocer su valor por lo que se estimó su consumo a base de la suma de la potencia de todos los equipos auxiliares, resultando 9,25 kW como promedio para condición de potencia máxima.

Con esta información se puede concluir que la Potencia Máxima de la central en bornes de la unidad es de 1.402 kW.

## Antecedentes Técnicos de Diseño

Para verificar que el diseño de la unidad permite operar la unidad a 1.402 kW, se revisan los antecedentes entregados por el fabricante del equipamiento electromecánico, GLOBAL HYDRO ENERGY, los que se aprecian en la Figura 3.

De estos antecedentes se observa que la potencia nominal de la unidad medida en bornes de salida del generador es de 1.377,2 kW para una altura neta de 16 m y FP 1.

De haber sido posible operar la unidad a 1.402 kW a FP 0,85, la potencia aparente del generador habría sido de 1.649 kVA, valor menor que 1.700 kVA correspondiente a la potencia nominal del generador, y también del transformador de salida, por lo que, de haber logrado esa condición de operación, la unidad sobrellevaría esa carga sin inconvenientes.

Lo anterior se puede avalar con los valores de temperatura del devanado de estator del generador y la de los rodamientos del conjunto generador -turbina, registrados el día en que se operó con Potencia Máxima, los que se muestran en Anexo 5.

La temperatura de los rodamientos muestra valores normales, y en el caso del devanado, su promedio para las 5 horas de interés fue de 67,5 °C, y el valor más alto fue de 68,7 °C, valores muy por debajo del límite de la clase de aislación del estator, 135 °C con una temperatura ambiente de 40°C.

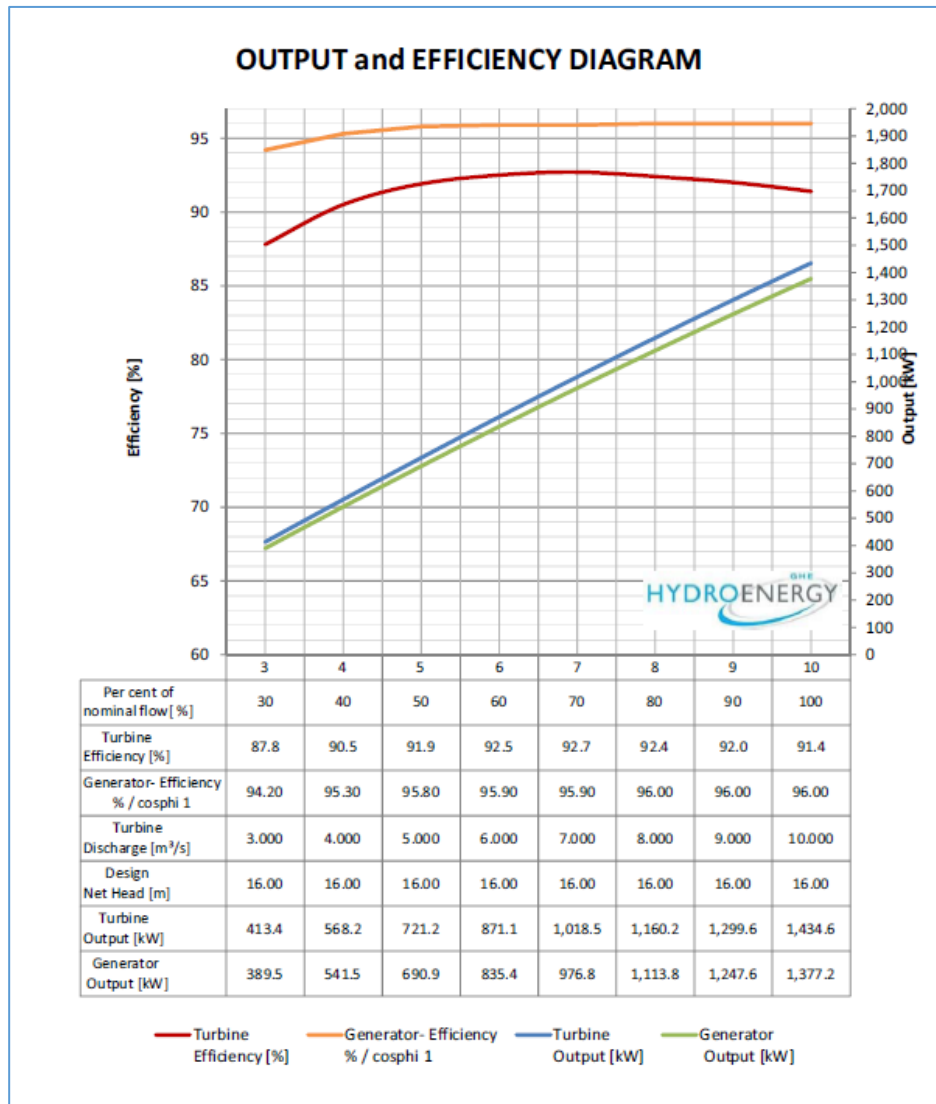


Figura 3

## CONCLUSIONES

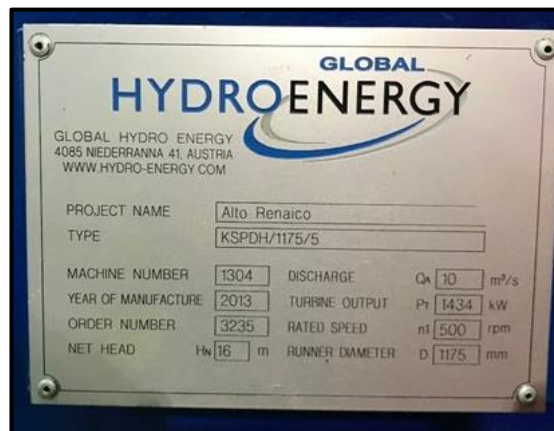
El valor de Potencia Máxima de central Alto Renaico en bornes del generador es de **1.402 kW**, valor con el que es compatible la potencia nominal de sus equipos principales, y con el que puede operar en forma estable y segura, y que no representa riesgo alguno respecto a su integridad.

## ANEXOS

### ANEXO 1 DATOS DE PLACA EQUIPOS PRINCIPALES

#### Turbina

- Tipo Kaplan
- Fabricada por Global Hydro Energy
- Año fabricación 2013
- Potencia nominal 1.434 kW
- Caudal nominal 10 m<sup>3</sup>/s
- Altura neta 16 m
- Velocidad 500 RPM



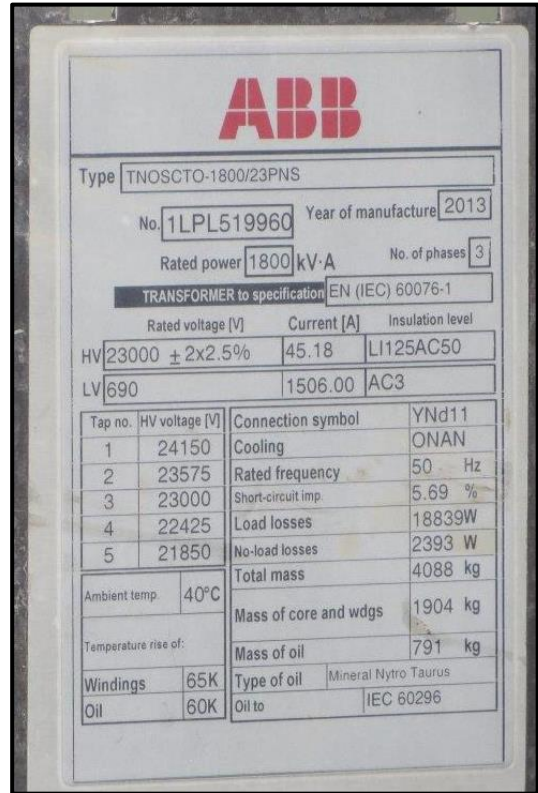
#### Generador

- Tipo Síncrono Trifásico
- Fabricado por TES
- Año fabricación 2013
- Potencia Nominal 1.700 KVA
- Tensión nominal 690 V
- Corriente nominal 1.423 A
- Factor de Potencia 0,85
- Velocidad 500 r.p.m.
- Clase Aislación F



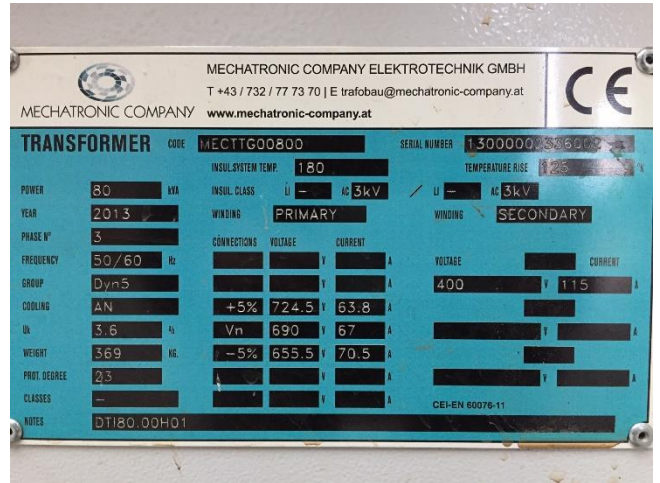
### Transformador Principal

- Tipo Trifásico ONAN
- Fabricado por ABB
- Potencia 1.800 kVA
- Tensión 23/0.69 kV
- Corriente nominal 45,18 /1.506 A
- Impedancia 5, 69 %
- Grupo de conexión Ynd11

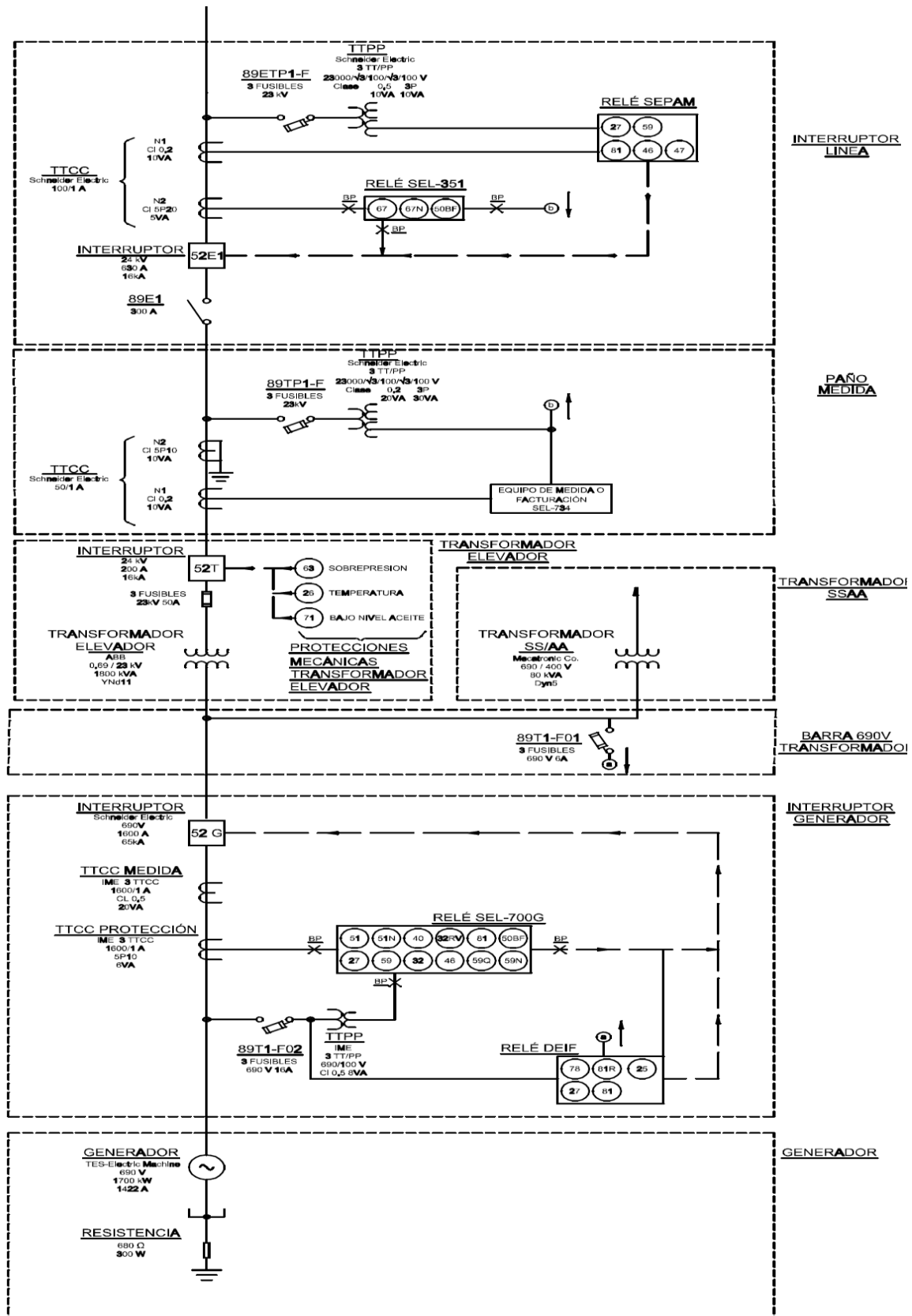


### Transformador Servicios Auxiliares

- Tipo Trifásico AN
- Fabricado por Mechatronic Co.
- Potencia 80 kVA
- Tensión 690/400 V
- Corriente nominal 67 /115 A
- Impedancia 3,6 %
- Grupo de conexión Dyn5



# ANEXO 2 DIAGRAMA UNILINEAL



# ANEXO 3 CERTIFICADO COMPROBACION EQUIPOS DE MEDIDA



## 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-TD0888-18-08

#### 1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE.

Razón Social	Maluco SpA
Dirección	Avda Andres Bello N° 1931, Providencia.
Ciudad	Santiago
N° Orden	20130735
N° / Fecha Solicitud	13.03.2015

#### 2. CARACTERÍSTICAS MEDIDOR DE ENERGÍA.

Marca	Schneider Electric
Modelo	ION 8650
N° de Serie	MW-1206A072-01
Tensión Nominal	3 x 57 - 277 [V] L-N
Corriente	3 x 5 (20) A
Frecuencia	50 Hz.
Constante	1,8 Wh/Imp
Año Fabricación	Sin Datos
Clase Exactitud Activo	± 0,2
Clase Exactitud Reactivo	± 2
Constante Lectura	
Lectura Dejada Activo	0025120,64 [KWh]
Lectura Dejada Reactivo	1012956,56 [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:

Av. Las Parcelas 5490  
Estación Central  
Santiago, Chile  
Tel.: (56-2) 770 2801  
Tel.: (56-2) 770 2805  
www.tecnet.cl

  
Adolfo Rojas Cabrera  
9.742.703-8

30.04.2015  
Fecha



Timbre

Página 1 de 3

Medidor de energía Schneider Electric modelo ION8650 serie N° MW-1206A072-01



## GRUPO CGE 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-TD0884-18-08

#### 1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE.

Razón Social	Mainco SpA
Dirección	Avda Andres Bello N° 1931, Providencia.
Ciudad	Santiago
N° Orden	20130700
N° / Fecha Solicitud	19.12.2014

#### 2. CARACTERÍSTICAS MEDIDOR DE ENERGÍA.

Marca	GEL
Modelo	GEL 734
N° de Serie	3140550181
Tensión Nominal	3 x 132 - 277 [V] L-N
Corriente	3 x 5 (20) A
Frecuencia	50 Hz.
Constante	1,8 Wh/imp
Año Fabricación	0/n Datos
Clase Exactitud Activo	± 0,2
Clase Exactitud Reactivo	± 0,2
Constante Lectura	
Lectura Dejada Activo	8222,62 [KWh]
Lectura Dejada Reactivo	0,91 [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:

Av. Las Parcelas 5490  
Estación Central  
Santiago, Chile  
Tel.: (56-2) 770 2801  
Tel.: (56-2) 770 2815  
www.tecnet.cl

  
Adolfo Rojas Cabrera  
9.742.703-8

07.04.2015  
Fecha



Timbre

Página 1 de 3

Medidor de energía GEL modelo GEL-734 serie N° 3140550181



## ANEXO 4 DATOS REGISTRADOS POR EQUIPOS DE MEDIDA

Fin período	Inicio Período	mes	dia	hora del día	Energía 15 minutos [ kWh ]	Potencia media 15 minutos [ kW ]	Potencia media últimas 5 horas [ kW ]
" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
08/08/2017 16:45	08/08/2017 16:30	8	8	17	284,3	1137,1	1.257,6
08/08/2017 17:00	08/08/2017 16:45	8	8	17	340,4	1361,6	1.259,0
08/08/2017 17:15	08/08/2017 17:00	8	8	18	345,8	1383,2	1.261,4
08/08/2017 17:30	08/08/2017 17:15	8	8	18	345,4	1381,4	1.263,7
08/08/2017 17:45	08/08/2017 17:30	8	8	18	345,5	1381,8	1.266,1
08/08/2017 18:00	08/08/2017 17:45	8	8	18	345,4	1381,4	1.268,6
08/08/2017 18:15	08/08/2017 18:00	8	8	19	345,4	1381,4	1.270,9
08/08/2017 18:30	08/08/2017 18:15	8	8	19	345,4	1381,4	1.273,2
08/08/2017 18:45	08/08/2017 18:30	8	8	19	345,0	1380,0	1.275,5
08/08/2017 19:00	08/08/2017 18:45	8	8	19	345,1	1380,5	1.277,7
08/08/2017 19:15	08/08/2017 19:00	8	8	20	344,7	1378,6	1.279,9
08/08/2017 19:30	08/08/2017 19:15	8	8	20	344,1	1376,3	1.282,0
08/08/2017 19:45	08/08/2017 19:30	8	8	20	344,1	1376,3	1.284,1
08/08/2017 20:00	08/08/2017 19:45	8	8	20	344,2	1376,8	1.286,3
08/08/2017 20:15	08/08/2017 20:00	8	8	21	344,3	1377,2	1.288,5
08/08/2017 20:30	08/08/2017 20:15	8	8	21	344,0	1375,9	1.290,6
08/08/2017 20:45	08/08/2017 20:30	8	8	21	344,1	1376,3	1.292,6
08/08/2017 21:00	08/08/2017 20:45	8	8	21	344,4	1377,7	1.294,9
08/08/2017 21:15	08/08/2017 21:00	8	8	22	344,2	1376,8	1.297,1
08/08/2017 21:30	08/08/2017 21:15	8	8	22	343,7	1375,0	1.365,8
08/08/2017 21:45	08/08/2017 21:30	8	8	22	344,3	1377,2	1.377,9
08/08/2017 22:00	08/08/2017 21:45	8	8	22	344,2	1376,8	<b>1.378,6</b>
08/08/2017 22:15	08/08/2017 22:00	8	8	23	344,2	1376,8	1.378,3
08/08/2017 22:30	08/08/2017 22:15	8	8	23	344,2	1376,8	1.378,1
" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "

En el período de 5 horas destacado en verde, correspondientes a registros de los equipos de medida de la central, en salida en 23 kV, se cumple que los valores de potencia media de 15 minutos se encuentran dentro de la banda dada por su promedio +/- 1,5 %. En este caso el valor promedio es de 1.378,6 KW, y la banda es de 1.399,3 a 1.357,9 kW, correspondiente a 1.378,6 kW +/- 1,5%.

De todos los períodos de 5 horas que cumplían los mismos criterios, este es de mayor valor.

## ANEXO 5 REGISTRO DE TEMPERATURAS DÍA DE MAXIMA GENERACION

Día 08 - 08 - 2017	TEMPERATURA DEVANADOS ESTATOR GENEDOR [°C]			TEMPERATURA RODAMIENTOS DEL CONJUNTO TURBINA- GENERADOR [°C]		
	Hora	Fase 1	Fase 2	Fase 3	DE Radial	NDE Radial
1	61,8	63,9	64,4	29	41	38
2	62,0	64,3	64,8	29	42	40
3	62,0	64,4	64,9	29	42	39
4	61,7	64,0	64,5	29	44	44
5	61,6	63,9	64,5	29	41	40
6	61,6	63,9	64,5	29	41	39
7	61,6	63,9	64,4	29	44	43
8	61,5	63,9	64,4	29	42	41
9	61,5	63,8	64,4	29	41	39
10	61,1	64,1	68,7	29	43	41
11	62,3	64,5	65,0	29	43	41
12	63,0	65,2	65,7	30	42	40
13	63,5	65,8	66,2	30	41	38
14	63,7	66,0	66,5	30	44	43
15	63,8	66,0	66,5	30	44	43
16	61,7	63,7	64,6	30	44	43
17	61,7	67,1	67,7	30	44	43
18	64,9	68,0	68,5	30	45	44
19	65,7	68,2	68,7	30	44	43
20	66,0	68,4	68,7	30	42	40
21	65,9	68,4	68,7	30	42	40
22	66,0	68,4	68,7	29	43	40
23	65,8	68,2	68,6	29	44	42
24	65,2	67,6	68,1	29	42	39

Notas

- (1) Los valores de temperatura corresponden al promedio horario.
- (2) NDE: Lado excitación, DE: Lado turbina.