



INFORME DE DETERMINACIÓN DE MINIMO TÉCNICO

Informe Técnico

Preparado para:



Agosto - 2022

A 0728 | R 1298-21

Tabla de Contenidos

TABLA DE CONTENIDOS.....	2
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	3
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	4
REGISTRO DE COMUNICACIONES.....	5
SECCIÓN PRINCIPAL.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1.1 Antecedentes.....	6
1.1.2 Definiciones y nomenclatura.....	6
2. MARCO NORMATIVO.....	7
3. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL.....	7
3.1.1 Características de generador.....	11
3.1.2 Características de la turbina.....	12
3.1.3 Características del transformador de unidad.....	12
3.1.4 Características del transformador de servicios auxiliares.....	13
4. ANTECEDENTES DE UNIDADES DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS.....	13
5. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS.....	13
6. RESULTADOS OBTENIDOS.....	14
6.1.1 Potencia bruta.....	16
6.1.2 Consumo de servicios auxiliares.....	16
6.1.3 Pérdidas en los transformadores.....	16
6.1.4 Potencia neta.....	17
7. CONCLUSIONES.....	17

Índice de tablas y gráficos

Tabla 1. Datos técnicos de la turbina.....	12
Tabla 2. Datos técnicos del transformador de unidad.	12
Tabla 3. Datos técnicos del transformador de servicios auxiliares.....	13
Gráfico 1. Sistema equivalente de la central.....	6
Gráfico 2. Ubicación geográfica de la central MC3.	8
Gráfico 3. Diagrama simplificado de la zona de influencia.	9
Gráfico 4. Diagrama unilineal de la central.....	10
Gráfico 5. Curva de capacidad de la unidad.	11
Gráfico 6. Configuración de ajustes de planta.....	14
Gráfico 7. Operación en mínimo técnico – variables temporales.....	15
Gráfico 8. Consumo de servicios auxiliares.....	16

Abreviaturas y acrónimos

CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
CNE	Comisión Nacional de Energía
ERNC	Energía Renovables No Convencional
NTSyCS	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio
NT SSMM	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio para Sistemas Medianos
PE	Parque Eólico
SET	Subestación Eléctrica
AT	Alta tensión
MT	Media tensión
BT	Baja tensión
ONAN	Oil Natural Air Natural
ONAF	Oil Natural Air Forced
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
RCB	Regulador Bajo Carga
PMU	Power Management Unit

Registro de comunicaciones

Registro de las actividades, comunicaciones y aprobación de informes.

Nº	Fecha dd/mm/año	Preparó	Revisó	Aprobó	Observaciones
1	19/08/22	FG	FM	FM	Emisión Original
2	25/08/22	FG	FM	FM	Correcciones Menores

Sección principal

1. Introducción

1.1.1 Antecedentes

En el presente informe se exhiben los resultados obtenidos en los ensayos de campo realizados en la central hidroeléctrica MC3, durante el día jueves 23 de junio de 2022, en relación al proceso de determinación del mínimo técnico de la planta.

1.1.2 Definiciones y nomenclatura

En el siguiente gráfico se muestra un sistema equivalente de conexión de la central, el cual nos permite definir e identificar los siguientes elementos:

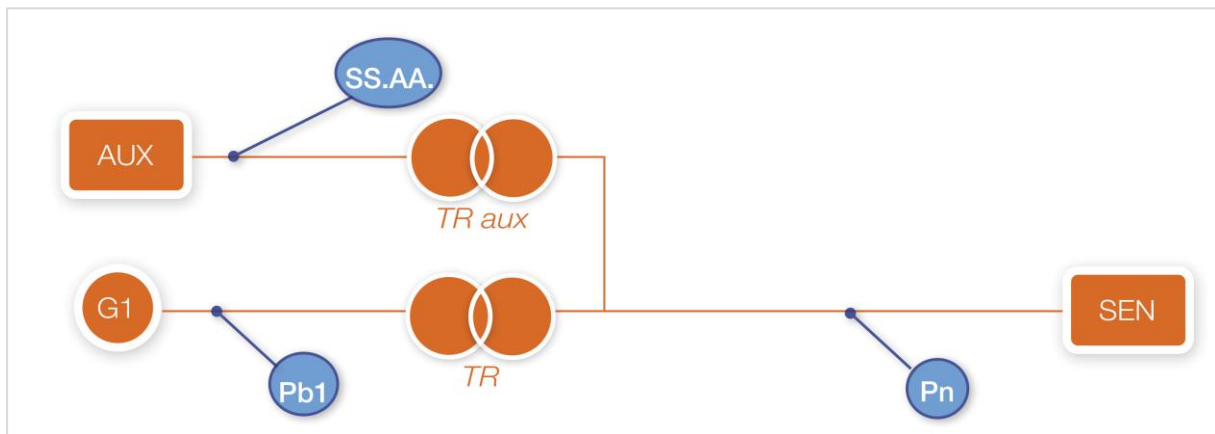


Gráfico 1. Sistema equivalente de la central.

- 1) G1: Generador del grupo 1.
- 2) TR aux: Transformador de servicios auxiliares.
- 3) TR: Transformador de la unidad generadora.
- 4) AUX: Servicios auxiliares.
- 5) SEN: Sistema Eléctrico Nacional.

De acuerdo con las definiciones anteriores se considera la siguiente nomenclatura:

- Pb1: Potencia bruta generada en bornes del generador.
- Pn: Potencia neta inyectada en la barra de media tensión.
- SSAA: consumo de los servicios auxiliares de la central.
- Pt: Potencia de pérdidas en el transformador elevador de la unidad y el transformador de servicios auxiliares.

2. Marco Normativo

Las pruebas realizadas se programaron en base al ANEXO TÉCNICO de la NTSyCS "Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras". En tal sentido, el valor de Mínimo Técnico se obtiene a partir de registros de operación y mediciones de los recursos naturales que inciden en la operación de estas tecnologías, especificándose las metodologías, cálculos y todos los antecedentes y aspectos técnicos usados para la obtención de dicho valor.

3. Descripción de la central

La Central hidroeléctrica de pasada denominada MC3 se encuentra ubicada en la localidad de El Cabrito, en la comuna de Puerto Octay, provincia de Osorno, Región de Los Lagos. Está compuesta por un generador sincrónico del fabricante Alconza de una potencia nominal de 2.6 MVA 6.3 kV. La máquina impulsora es una turbina hidráulica Pelton de eje vertical del fabricante SCOTTA y de una potencia nominal de 2.5 MW. El transformador de unidad es de 6.3/23 kV y de una potencia de 2.7 MVA.

La conexión al sistema eléctrico es a través de la subestación Río Bonito que se conecta en tap off con la línea de 23 kV Río Bonito – Bonito.

En el Gráfico 2 se muestra un diagrama geográfico de la zona de emplazamiento y en el Gráfico 3 se muestra el diagrama simplificado de la zona de influencia y en el Gráfico 4 el diagrama unilineal de la central.

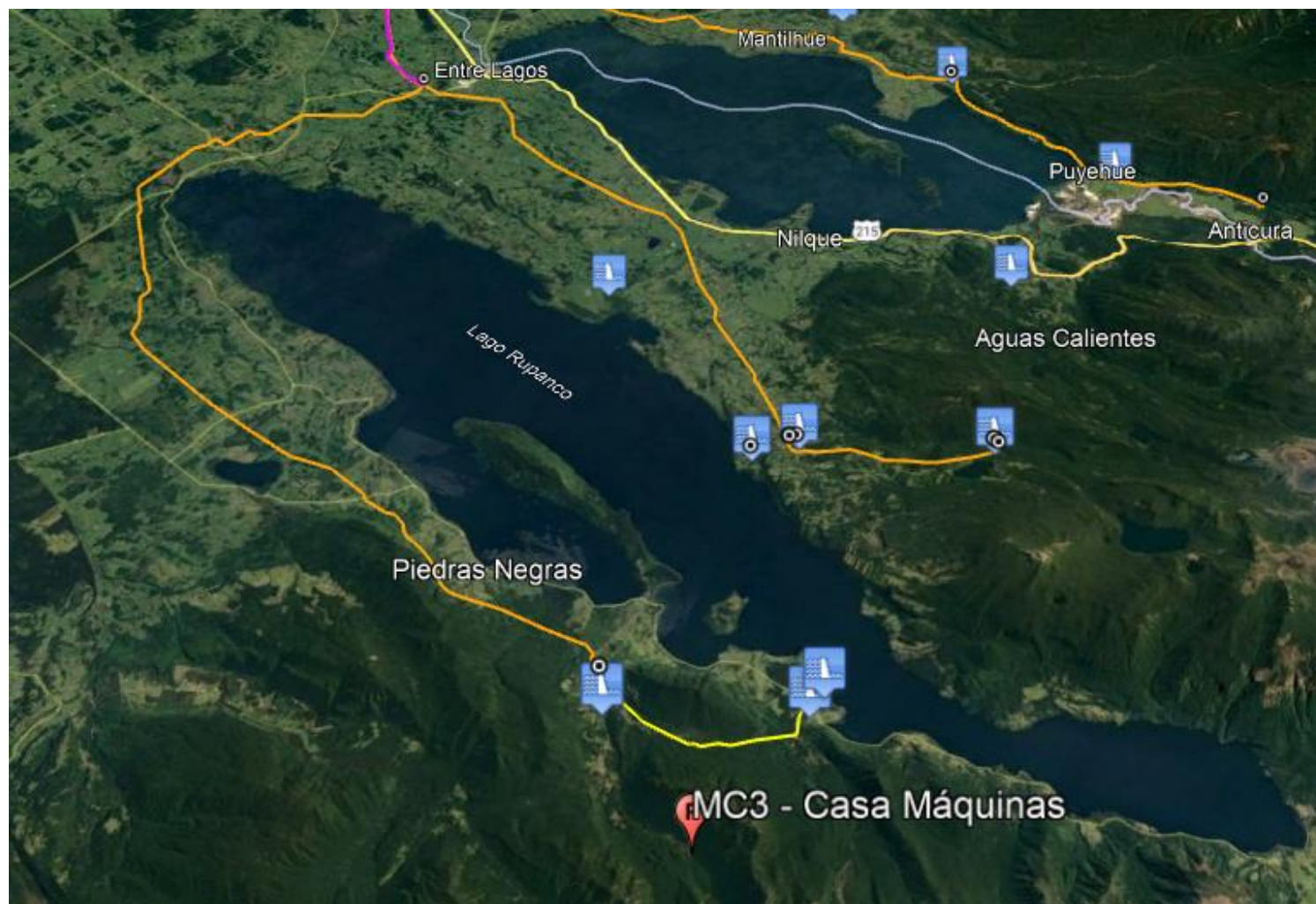


Gráfico 2. Ubicación geográfica de la central MC3.

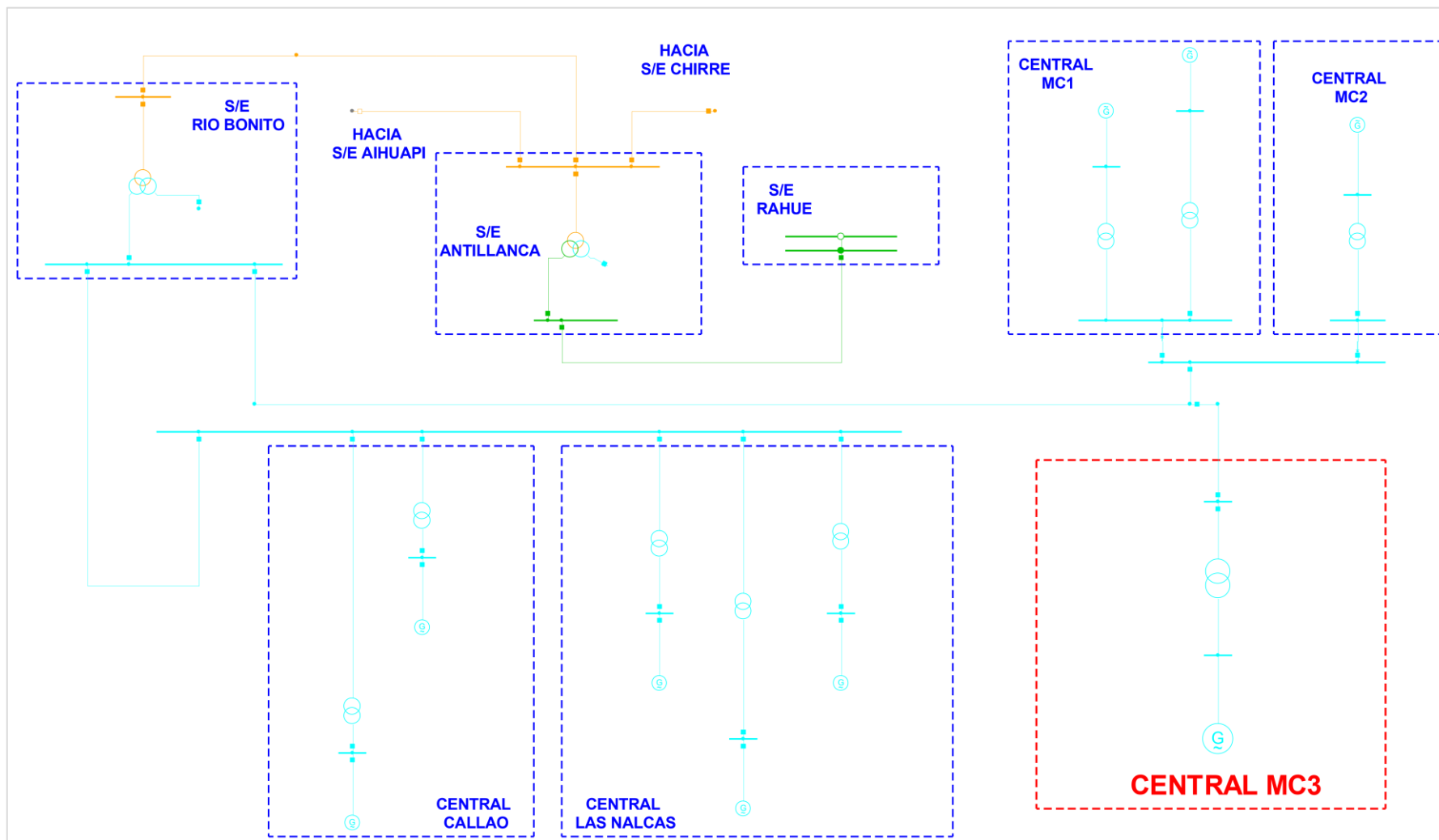


Gráfico 3. Diagrama simplificado de la zona de influencia.

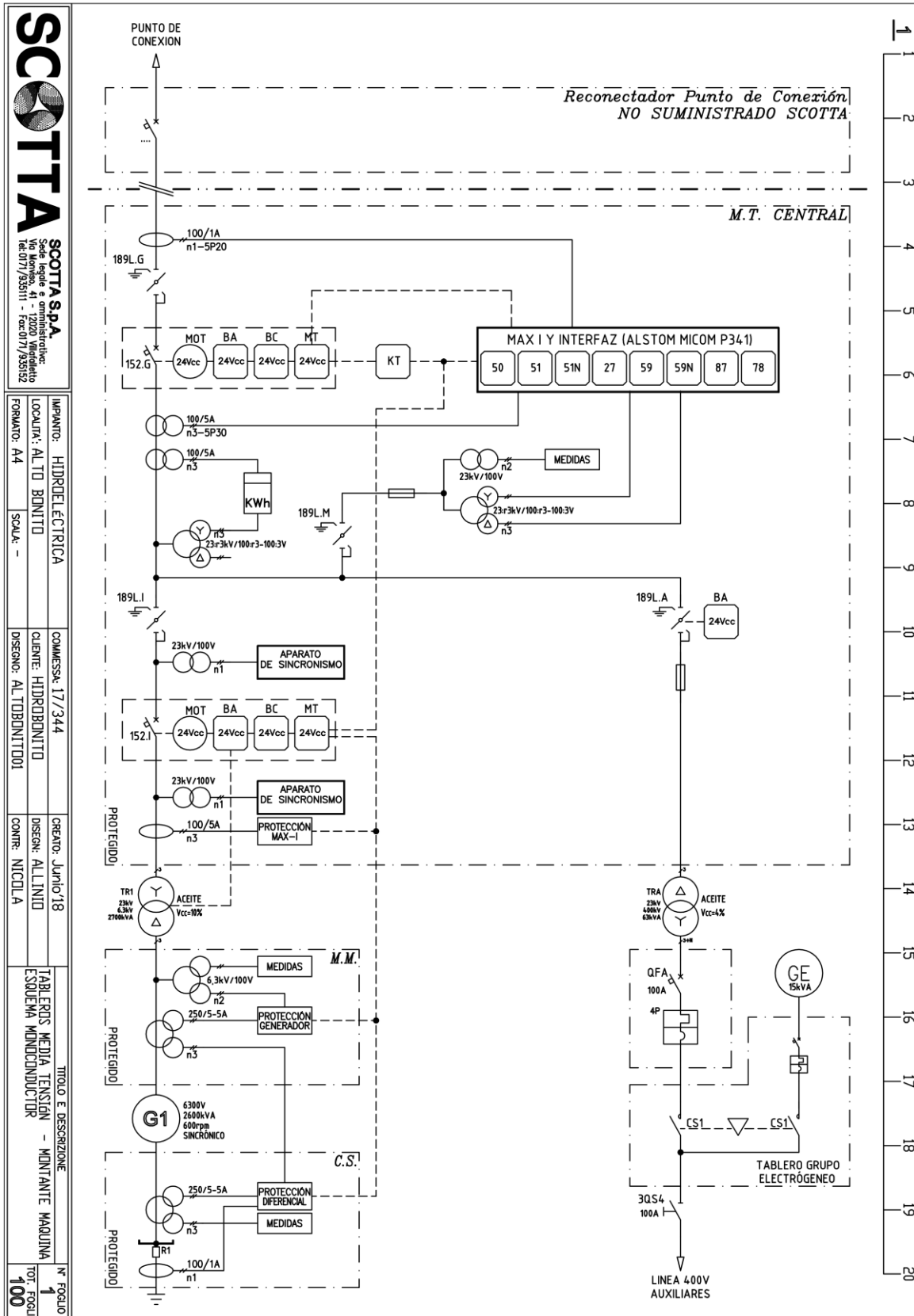


Gráfico 4. Diagrama unilineal de la central.

3.1.1 Características de generador

Los datos eléctricos de la unidad se muestran a continuación:

Generador Síncrono Trifásico	
Número de serie	17.015.701
Plano de dimensiones	948.0800.017
Tipo	Generador síncrono trifásico, sin escobillas, 50 Hz.
Denominación	GNV-08010C-P140N
Número de polos	14
Forma constructiva (IEC 60034-7)	IM 4011 - Vertical
Refrigeración (IEC 60034-6)	IC 01
Grado de Protección (IEC 60034-5)	IP 23
Temperatura ambiente admisible	40 °C
Protección antiparasitaria	Grado N (VDE-0875)
Servicio	S1-Continuo
Sentido de giro	CCW: Contrario a la Agujas del Reloj (Visto desde Lado Acoplamiento)
Potencia Aparente	2600 kVA
Potencia Activa	2080 kW
Tensión	6,3 KV.
Conexión	Estrella
Intensidad	238 A.
Frecuencia	50 Hz.
Tipo de rotor	Polos salientes
Velocidad nominal	428,6 r.p.m.
Velocidad de embalamiento	770 r.p.m.- 10 minutos
Aislamiento Clase	F
Calentamiento Clase	B
Entrehierro del generador	4,0 mm
Entrehierro de la excitatriz	2,0 mm

La curva de capacidad informada por el fabricante se muestra a continuación:

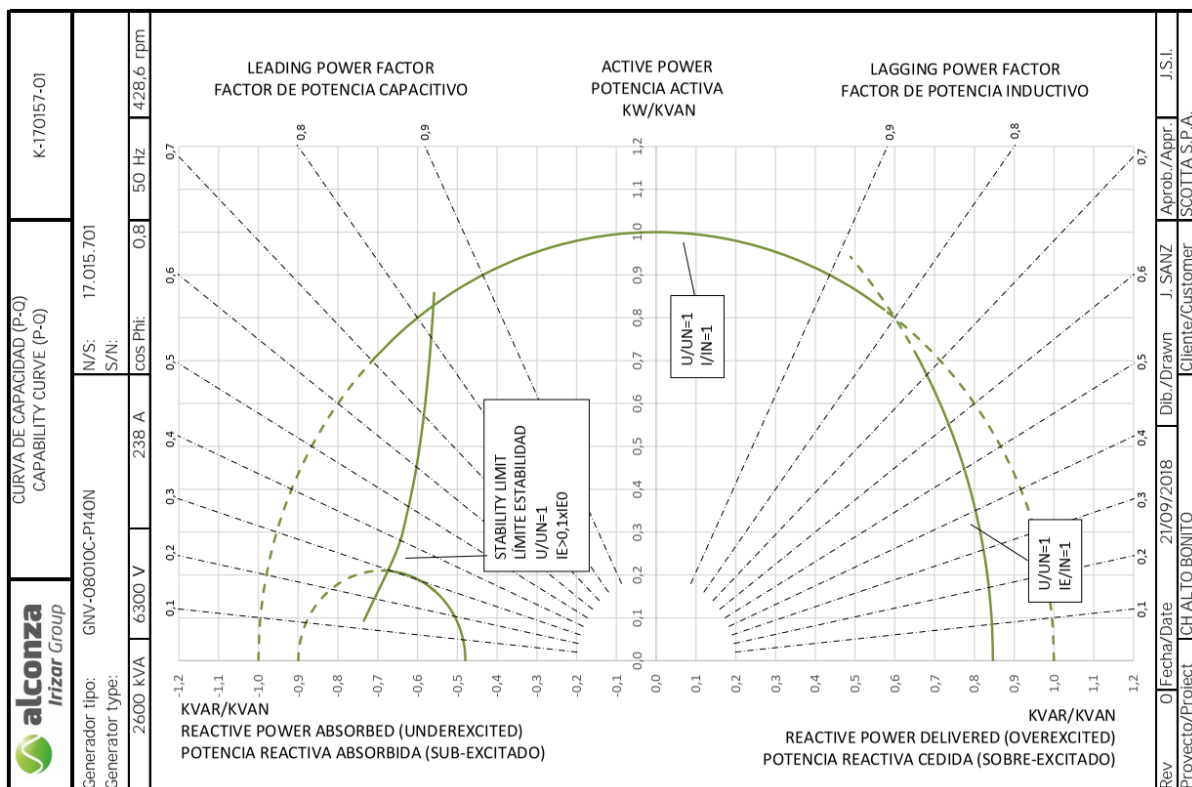


Gráfico 5. Curva de capacidad de la unidad.

3.1.2 Características de la turbina

Los datos mas representativos de la turbina se muestran continuación:

Tabla 1. Datos técnicos de la turbina.

Tipo	Turbina Pelton TP6-340/1020-429
Número de serie	TP2018001
Año de fabricación	2018
Potencia	2500 kW
Altura	130 m
Velocidad nominal	429 rpm

3.1.3 Características del transformador de unidad

Tabla 2. Datos técnicos del transformador de unidad.

Descripción	Valor	Un
Potencia nominal	2.7	MVA
Frecuencia nominal	50	Hz
Tensión nominal primaria	24.2	kV
Tensión nominal secundaria	0.63	kV
Tensión de cortocircuito	10	%
Regulación de tensión	$\pm 2 \times 2.5$ %	-
Grupo de conexión	YNd11	-
Tipo de refrigeración	ONAN	-
Pérdidas de vacío	3.24	kW
Pérdidas de cortocircuito	23.241	kW

3.1.4 Características del transformador de servicios auxiliares

Tabla 3. Datos técnicos del transformador de servicios auxiliares.

Descripción	Valor	Un
Potencia nominal	63	kVA
Frecuencia nominal	50	Hz
Tensión nominal primaria	23	kV
Tensión nominal secundaria	0.4	kV
Tensión de cortocircuito	4	%
Regulación de tensión	$\pm 2 \times 2.5 \%$	-
Grupo de conexión	Dyn11	-
Tipo de refrigeración	ONAN	-
Pérdidas de vacío	0.366	kW
Pérdidas de cortocircuito	1.376	kW

4. Fuentes de inestabilidad

Las turbinas tipo Pelton no sufren cavitaciones por flujo de agua o diferencial de presión.

5. Antecedentes de unidades de similares características

La central hidráulica presentó parámetros de desempeño a centrales de similares características, como las mencionadas a continuación:

- Central Hidroeléctrica MC1
- Central Hidroeléctrica MC2
- Central Hidroeléctrica Punta del Viento¹

6. Descripción de los ensayos

De acuerdo con el Artículo 4 "Definiciones" del Anexo Técnico, se determinó "la potencia activa bruta mínima, con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al SI en forma continua".

¹ <https://infotecnica.coordinador.cl/instalaciones/unidades-generadoras>

De esta forma de la información proporcionada por el fabricante de la unidad respecto al mínimo valor al cual puede operar la unidad de forma estable, se comprobó este valor en la práctica mediante la reducción de la potencia a mínimo técnico y se mantuvo en esta condición por 13 minutos (dado que es una central de pasada).

7. Resultados obtenidos

Según la información proporcionada por el fabricante, la potencia mínima bruta a la cual la unidad puede operar de forma estable es 80 kW. Por debajo de esta potencia la unidad se desconecta. En el siguiente gráfico se muestra una imagen del panel de control de la planta:

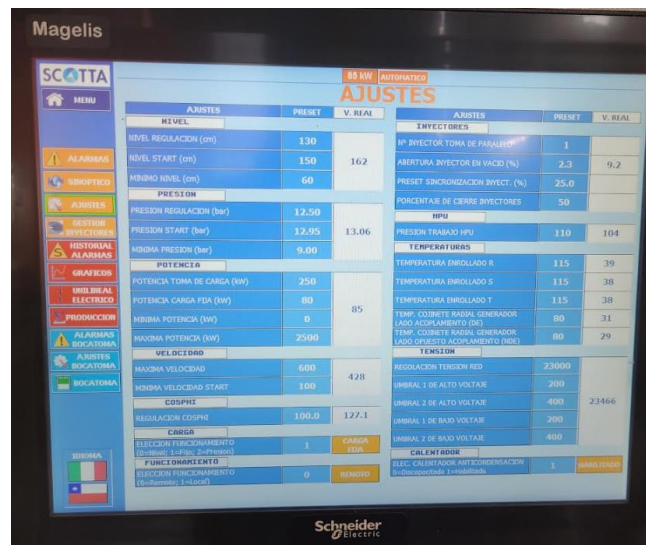
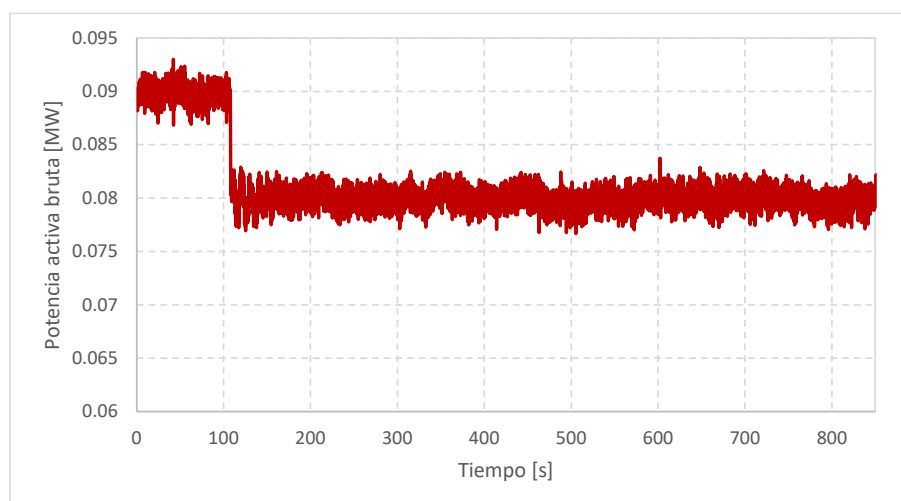


Gráfico 6. Configuración de ajustes de planta.

En los siguientes gráficos se muestra los registros de operación a mínimo técnico:



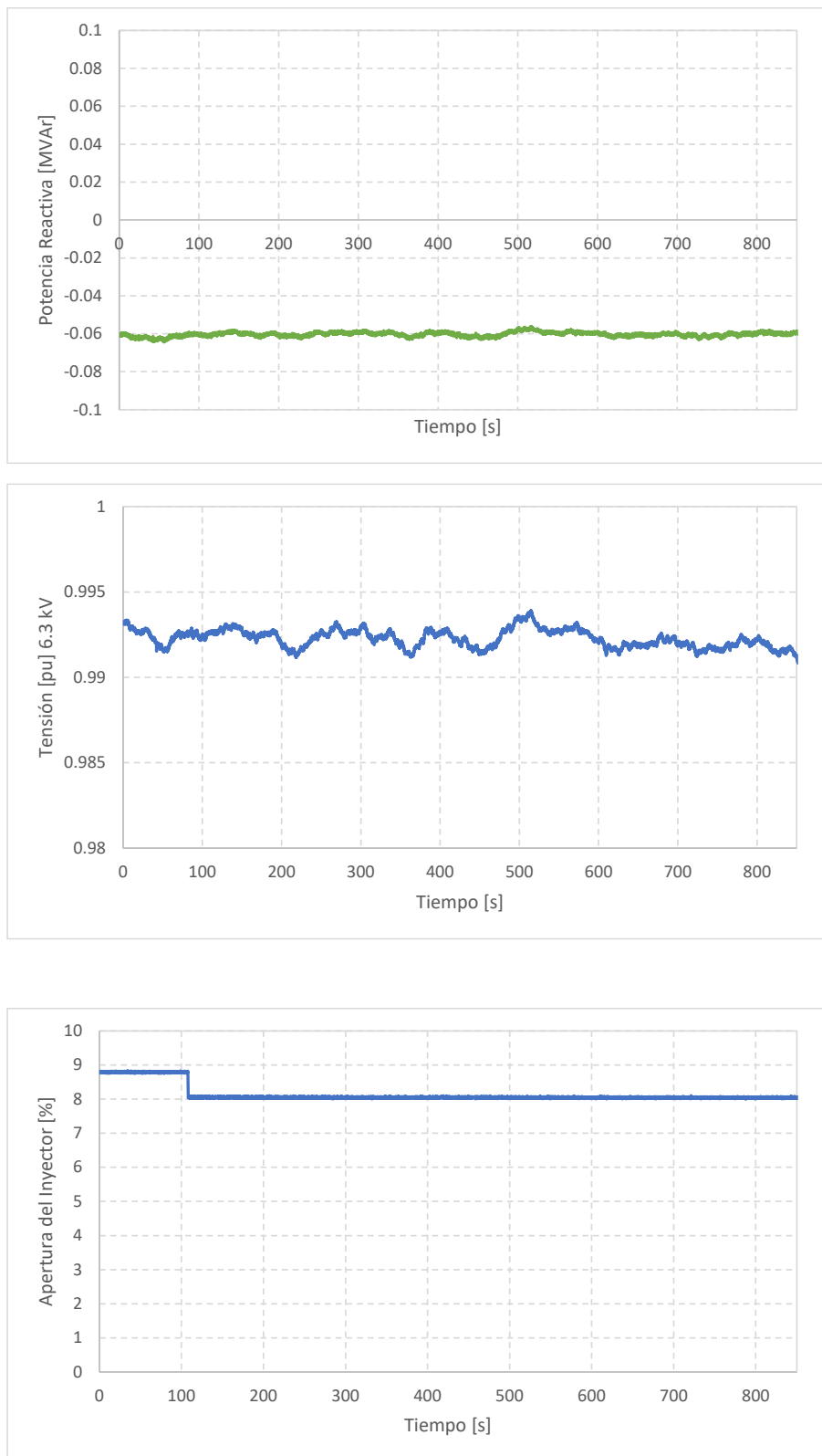


Gráfico 7. Operación en mínimo técnico – variables temporales.

De las gráficas anteriores se observa que la operación es estable con una apertura del inyector 1 de la central del 8%.

7.1.1 Potencia bruta

De las gráficas anteriores la potencia mínima bruta a la que el generador puede operar es de:

$$P_{b1} = 80 \text{ kW}$$

7.1.2 Consumo de servicios auxiliares

Al momento del ensayo se registró el consumo de servicios auxiliares a través un medidor propio de la central, como se muestra a continuación:

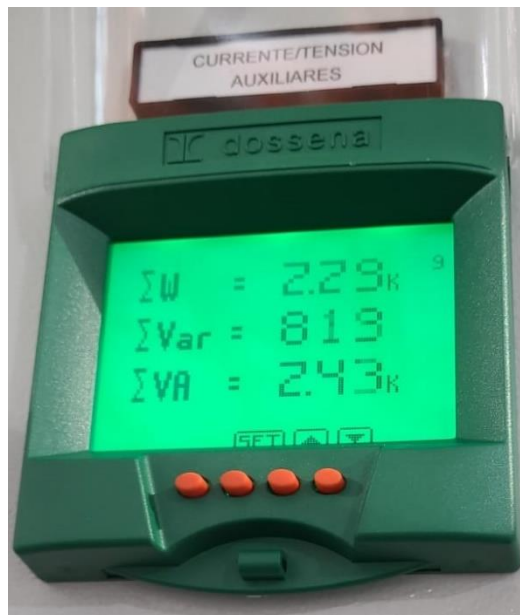


Gráfico 8. Consumo de servicios auxiliares.

De lo anterior el consumo de servicios auxiliares para la condición de mínimo técnico será:

$$SSAA = 2.29 \text{ kW}$$

7.1.3 Pérdidas en los transformadores

La Tabla 2 y la Tabla 3 muestran las pérdidas en vacío y en carga de los transformadores de la unidad y el transformador de servicios auxiliares respectivamente. La expresión de pérdidas de cada transformador es la siguiente:

$$P_{\text{perd Trafo}} = \text{Pérdidas}_{\text{Carga}} + \text{Pérdidas}_{\text{Vacío}}$$

Para la condición operativa de mínimo técnico podemos aproximar las pérdidas del transformador de unidad a las pérdidas de vacío ya que la carga en el transformador es inferior al 3%. De forma similar para el consumo de servicios auxiliares registrado, se puede aproximar las pérdidas del transformador de servicios auxiliares a las pérdidas de vacío. Las pérdidas en el transformador de unidad y el transformador de servicios auxiliares se calculan como sigue:

$$P_{perd Tr} = 0 kW + 3.240 kW = 3.240 kW$$

$$P_{perd TR aux} = 0 kW + 0.366 kW = 0.366 kW$$

Por último, las pérdidas en totales (P_t) en los transformadores se calculan como sigue:

$$P_t = 3.24 kW + 0.366 kW = 3.606 kW$$

7.1.4 Potencia neta

La potencia mínima neta que es inyectada en la barra de media tensión (23 kV) se determina mediante la expresión:

$$P_n = P_{b1} - P_t - SSAA$$

$$P_n = 80 kW - 3.606 kW - 2.29 kW = 74.104 kW$$

8. Conclusiones

Se concluye que la potencia mínima técnica bruta a la cual la central hidroeléctrica MC3 puede operar de forma estable es de 80 kW (3% de la capacidad nominal de la unidad), medida en terreno. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Central	Potencia Bruta [kW]	SSAA [kW]	Pérdidas en los transformadores [kW]	Potencia Neta [kW]
CH MC3	80	2.29	3.606	74.104