



## INFORME TÉCNICO

### CENTRAL HIDROELÉCTRICA EL MOCHO

#### MÍNIMO TÉCNICO DE UNIDADES GENERADORAS

PROYECTO: EE-2020-011  
DOCUMENTO: EE-2020-IT-022-C

				
FECHA	DETALLE	VERSIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ
28/10/2020	Emitido para revisión interna	A	SLN	SBA
28/10/2020	Emitido para observaciones de HIDROMOCHO	B	SLN	SBA
10/11/2020	Atiende observaciones HIDROMOCHO	C	SLN	SBA

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	OBJETIVOS Y ALCANCES .....	4
3.	ANTECEDENTES.....	4
3.1.	Información considerada .....	4
3.2.	Parámetros eléctricos y mecánicos unidades generadoras.....	5
3.3.	Recomendaciones del fabricante .....	7
3.4.	Antecedentes de unidades de similares características .....	9
3.5.	Fuentes de inestabilidad.....	9
4.	PRUEBA DE POTENCIA MÍNIMA.....	10
5.	POTENCIA ACTIVA EN LOS DISTINTOS PUNTOS DE LA CENTRAL .....	11
5.1.	Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) de la central. ....	11
5.2.	Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) de la central. ....	11
5.3.	Mínimo técnico de la unidad generadora (potencia bruta).....	11
5.4.	Pérdidas activas en el transformador de poder.....	11
5.5.	Consumos propios.....	11
6.	CONCLUSIONES .....	12

## ANEXOS

ANEXO A: DOCUMENTOS TÉCNICOS CENTRAL HIDROELECTRICA EL MOCHO

ANEXO B: RESULTADOS DE ENSAYOS DE MÍNIMO TÉCNICO

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Parámetros de la unidad generadora de la CH El Mocho. ....	5
Figura 3.2: Principales ajustes del sistema de control de velocidad/potencia de la CH El Mocho. ....	6
Figura 3.3: Datos de fábrica de la unidad generadora de la CH El Mocho. ....	7
Figura 3.4: Mínimo técnico con inyector N°1 al 10%, recomendación del fabricante. ....	8
Figura 3.5: Curvas colina del inyector N°1. ....	8
Figura 4.1: Registro de potencia de mínimo técnico y posición de inyectores. ....	10

## 1. INTRODUCCIÓN

Con motivo de la puesta en servicio de la Central Hidroeléctrica El Mocho, la empresa Hidromocho ha solicitado a Reliable Energy Studies SpA la realización del presente Informe Técnico de Parámetros de Partida y detención de Unidades Generadoras. Al respecto, en el Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras, de la NTSyCS, se señala lo siguiente:

### **Artículo 3 Información del Mínimo Técnico**

*Las empresas generadoras cuyas unidades generadoras hayan entrado en operación en el SI y aquellas que estén realizando pruebas de operatividad previas a su entrada en operación, deberán informar a la Dirección de Operación, en adelante DO, el Mínimo Técnico de sus unidades, conforme a los plazos y formas que se establecen en el presente Anexo Técnico.*

### **Artículo 8 Consideraciones en la determinación del Mínimo Técnico**

*El valor informado para el Mínimo Técnico de las unidades generadoras del SI deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de la misma.*

*La Empresa Generadora deberá proporcionar a la DO los antecedentes que respaldan el valor del Mínimo Técnico informado, incluyendo los supuestos y metodologías utilizadas para establecer dicho valor, los que deberán recoger las recomendaciones entregadas por el fabricante y antecedentes operativos que hayan sido registrados durante la operación de la respectiva unidad generadora.*

## 2. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo del presente informe técnico es establecer e informar los valores de potencia mínimo técnico de la unidad generadoras de la Central Hidroeléctrica El Mocho, de acuerdo a las directrices de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, establecidas en sus Anexo Técnico “*Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras*”.

## 3. ANTECEDENTES

### 3.1. Información considerada

Para la realización del estudio, fue considerada la siguiente información:

- Norma Técnica de Calidad y Seguridad de Servicio (NTSyCS) para el Sistema Interconectado del Norte Grande y Sistema Interconectado Central. Septiembre 2020.
- Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.
- Resultados de pruebas de mínimo técnico CH El Mocho.
- Documento HPP Correntoso. Determinación de Mínimo Técnico.
- Documento HPP Palmar. Determinación de Mínimo Técnico.
- Antecedentes técnicos, especificaciones y pruebas de puesta en marcha de la unidad de la Central Hidroeléctrica El Mocho.

### 3.2. Parámetros eléctricos y mecánicos unidades generadoras

A continuación, se presentan los parámetros principales de las unidades de generación.

<i>Confidentiality: 3 / CUSTOMER INFORMATION</i>	
	<b>FINAL USER DOCUMENTATION</b>
	Code: <b>GD389724-en</b> Rev: <b>1</b> Date: <b>28/09/2018</b> Pg. <b>2 of 7</b>
Title: <b>DATASHEET PW 1400-U7D8 EL MOCHO</b>	

#### 1 TECHNICAL DATASHEET

GENERAL	
Type	PW 1400-U7D8
Project	EL MOCHO
Stator connection	Star
Rotor type	Salient poles
Excitation type	Brushless
Rated Power	20000 kVA
Rated power factor	0.85
Duty Service	S1
Rated Voltage	13200 V (±5%)
Nº. of phases	3
Rated Frequency	50 Hz
Polarity	8 Poles
Nominal speed	750 rpm
Over-speed	1350 rpm
Current at 100% load at rated frequency and voltage	874.8 A
Exciter rated field voltage	121.61 V
Exciter rated field current	9.9 A
Limiters of excitation system	4.5 Adc off line/ 12 Adc on line/ 17Adc on line (10 sec)
Nominal torque at rated frequency voltage and cos φ	216 kNm
Short circuit ratio	0,787
Efficiency at rated power, frequency and voltage at 100% load	See point 2
Rotating Direction (View from drive-end)	CCW
Heating class	B
Insulation Class (stator winding)	F
Insulation Class (rotor Winding)	F
Mounting	IM 7311
Protection	IP44
Drive-end bearing	WARTSILA GP-28-315-RXLK
Non-drive-end bearing	WARTSILA GP-22-280-RZLQ
Bearings, type of oil	ISO VG 68
Generator weight (without cooler)	49 Tn
Method of Cooling	IC 81W
Rotor inertia (J)	6450 Kgm2
Ambient temp	40 °C
Plant Altitude	1000 m
Max fresh water temp	25 °C

ICA-TEC-001-R06 (en) Edition 1

Figura 3.1: Parámetros de la unidad generadora de la CH El Mocho.

Por otro lado, corresponde considerar los principales ajustes del sistema de control de velocidad/potencia de las unidades de generación.

<b>TEMPOS MANDOS</b>			
ABRE VALVULA DE MAQUINA		200	sec
CIERRA VALVULA MAQUINA EMERGENCIA		260	sec
ABRE BYPASS		20	sec
CIERRA BYPASS		20	sec
ABRE INJECTOR 1		120	sec
CIERRA INJECTOR 1		120	sec
CIERRA INJECTOR 1 EMERGENCIA		200	sec
ABRE INJECTOR 1		120	sec
CIERRA INJECTOR 1		120	sec
CIERRA INJECTOR 1 EMERGENCIA		200	sec

<b>CENTRALITA OLEOHIDRAULICA</b>			
PRECARGA ACCUMULADOR	Po	55	bar
P max	P1	160	bar
P carga acumulador	PR1	110	bar
P diff	PR1	90	bar
P valvula	P2	90	bar
P deflector-bypass	P3	70	bar
P inyectores	P4	60	bar
P frenos	P5	80	bar

<b>CENTRALITA ENFRIAMIENTO</b>			
AGUA INTERCAMBIADOR ACEITE TURBINA		40	l/m
AGUA INTERCAMBIADOR ACEITE GENERADOR		40	l/m
AGUA INTERCAMBIADOR GENERADOR		1000	l/m

Figura 3.2: Principales ajustes del sistema de control de velocidad/potencia de la CH El Mocho.

### 3.3. Recomendaciones del fabricante

Las especificaciones indicadas por el fabricante, en relación al mínimo técnico de la unidad de la central hidroeléctrica El Mocho, indican un valor de 0,75 MW según se expone en la hoja de datos respectiva (ver Figura 3.3).



**Nombre:** Central Hidroelectrica Mocho  
**Cliente:** Hidromocho SA  
**Localidad:** Chile  
**Orden de trabajo:** 15/422  
**Tipología de documento:** Hoja de datos Turbina Hidráulica

**Fabricante:** Kolektor – Scotta  
**Año de fabricación:** 2018  
**Potencia nominal:** 15MW  
**Potencia mínima técnica:** 0.75MW  
**Potencia máxima técnica:** 16.008MW  
**Velocidad nominal:** 750rpm  
**Sobrevelocidad máxima admisible:** 1350rpm

**Constante de inercia:** 1.91s  
**Tiempo de lanzamiento:** 3.83s  
**Factor [GD2]:** 6000kgm<sup>2</sup>  
**Constante de tiempo de arranque de la columna de agua:** 2.43s  
**Gradiente máximo de reducción de carga:** 7.5MW/min  
**Gradiente máximo de toma de carga:** 6.5MW/min

Figura 3.3: Datos de fábrica de la unidad generadora de la CH El Mocho.



Asimismo, las curvas colina confeccionadas por el fabricante estipulan que el límite de operación es con el inyector N°1 al 10%, con potencia eléctrica resultante en función del caudal y altura de caída. El fabricante indica que *“bajo estas condiciones as turbinas Pelton se mantienen sincronizadas a la red”*<sup>1,2</sup> y que *“este estado es posible debido a que el sistema eléctrico del generador no presenta ninguna restricción que impida mantener la turbina sincronizada aun cuando la potencia sea”*<sup>1,2</sup> reducida. Cuando se alcanza la velocidad de sincronización de 750 r.p.m., la turbina puede ser acoplada a la red y mantenerse sincronizada hasta que se recibe una orden de subir carga, condición para la cual el inyector N°1 está en una posición de 5%.

### 3.4. Antecedentes de unidades de similares características

Tabla 3.1: Antecedentes de unidades de similares características.

Central	Turbinas	Año	Potencia Nominal [MW/unidad]	Mínimo Técnico [MW/unidad]
Cumbres	2x Pelton horizontales	2019	9,012	0,467
Palmar	1x Pelton vertical	2017	4,334	0,069
Correntoso	2x Pelton verticales	2017	8,486	0,153

### 3.5. Fuentes de inestabilidad

Las turbinas de tipo Pelton no sufre cavitaciones por flujo de agua o diferencial de presión<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Documento HPP Correntoso. Determinación de Mínimo Técnico.

<sup>2</sup> Documento HPP Palmar. Determinación de Mínimo Técnico.

#### 4. PRUEBA DE POTENCIA MÍNIMA

La prueba efectuada consistió en registrar la potencia bruta inyectada por el generador y la posición de los inyectores N°1 y 2, desde la partida de la turbina, el incremento de la velocidad hasta el nominal, la sincronización y posterior toma de carga hasta el mínimo técnico. Se verifica que la posición del inyector N°1 en condición de vacío a velocidad nominal o sincronización es de 5% y que el mínimo técnico corresponde a 0,62MW potencia asociada al inyector N°1 en posición 10%, según indicación del fabricante.

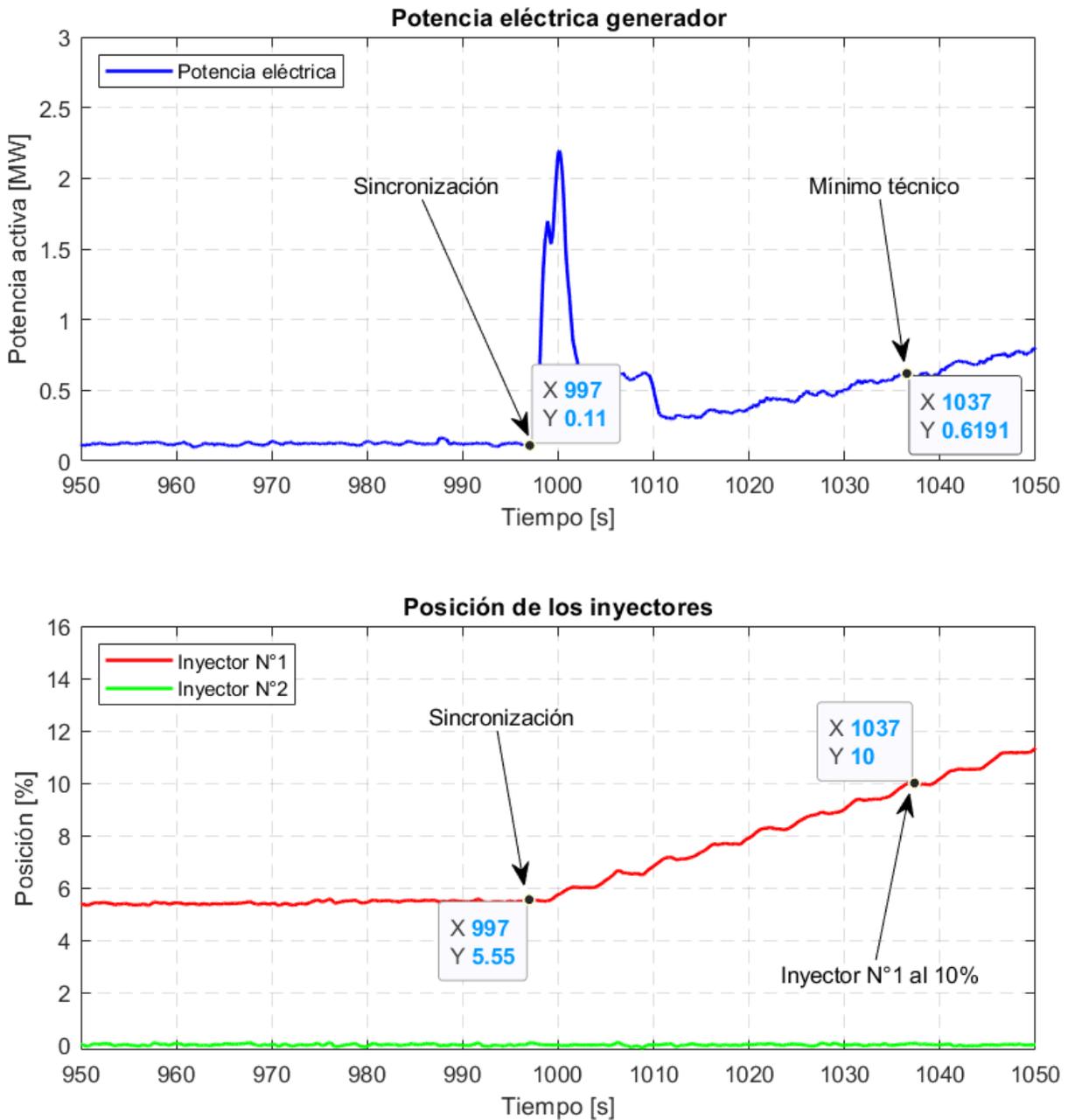


Figura 4.1: Registro de potencia de mínimo técnico y posición de inyectores.

## 5. POTENCIA ACTIVA EN LOS DISTINTOS PUNTOS DE LA CENTRAL

### 5.1. Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) de la central.

Considerando el mínimo técnico en la única unidad de la central, las distintas pérdidas en el transformador elevador y en la red colectora de MT, además del consumo de SSAA, se establece que la **potencia activa inyectada por la central en la barra de alta tensión es 0,59 MW.**

### 5.2. Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) de la central.

Considerando el mínimo técnico en la única unidad de la central, las pérdidas en la red colectora de MT y el consumo de SSAA, se establece que la **potencia activa inyectada por la central en la barra de media tensión es 0,60 MW.**

### 5.3. Mínimo técnico de la unidad generadora (potencia bruta).

De los registros de generación y posición de los inyectores es posible concluir que la unidad de la Central Hidroeléctrica El Mocho posee una **potencia máxima bruta de 0,62 MW** (inyector N°1 al 10% según indicación del fabricante).

### 5.4. Pérdidas activas en el transformador de poder.

Para determinar las pérdidas de potencia activa en el transformador de poder de la central de 21 MVA y 24,2/13,2 kV, se consideran las pérdidas totales en este equipo; valores indicados en el documento *Certificado de prueba N° 117058* correspondiendo a **13,9 kW.**

### 5.5. Consumos propios.

Los consumos de los SS.AA. de la Central Hidroeléctrica El Mocho fueron determinados en base a mediciones de corriente de fase realizadas, **obteniendo un valor de 18,2 kW** considerando factor de potencial unitario.

## 6. CONCLUSIONES

En base a la información y registros disponible se concluye que la Central Hidroeléctrica El Mocho, con unidad SCOTTA PW 1400-U7D8, posee los siguientes parámetros:

- Potencia Mínima Activa Bruta de la Central Hidroeléctrica El Mocho: 0,62 MW
- Potencia Mínima Activa Neta de la Central Hidroeléctrica El Mocho: 0,59 MW
- SS.AA. de la Central Hidroeléctrica El Mocho: 18,2 kW
- Pérdidas activas en el transformador de poder de la Central Hidroeléctrica El Mocho: 13,9 kW

Se concluye que la potencia de mínimo técnico de la turbina de la Central El Mocho es 0,62 MW, determinado en base a la capacidad de los sistemas tipo Pelton al operar sin restricción en todo el rango para el grupo turbina-generador. Una vez que el sistema de regulación de velocidad alcanza sincronización, la turbina no tiene limitaciones físicas para mantener la inyección de 0,62 MW estando sincronizada a la red.

**ANEXO A**  
**DOCUMENTOS TÉCNICOS**  
**CENTRAL HIDROELÉCTRICA EL MOCHO**

# **ANEXO B**

## **RESULTADOS DE ENSAYOS DE MÍNIMO TÉCNICO**