

<b>Preparado para:</b> Coordinador Eléctrico Nacional DO.	<b>Código:</b> Inf 06-2017 <b>Revisión:</b> 001 <b>Fecha:</b> 25-04-2017	 Empresa Eléctrica <b>LA LEONERA S.A</b>
<b>Informe Técnico</b>		

# INFORME

## Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras.

### CENTRAL HIDROELECTRICA PULELFU.

Elaborado por	Revisado por	Validado por
Rodrigo Barrientos. Jefe de Central. Fabián Díaz. Jefe de O&M.	Rodrigo Barrientos Jefe de Central.	Victor Salinas. Gerente Técnico.



<b>Preparado para:</b> Coordinador Eléctrico Nacional DO.	<b>Código: Inf 06-2017</b> <b>Revisión: 001</b> <b>Fecha: 25-04-2017</b>	 Empresa Eléctrica <b>LA LEONERA S.A</b>
<b>Informe Técnico</b>		

## 1. INTRODUCCION

El presente Informe Técnico, tiene la finalidad de exponer los parámetros asociados a los procesos de partida y detención de las unidades generadoras de la Central Hidroeléctrica Pulelfu, tomando en consideración lo indicado en la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, del Anexo Técnico “Determinación de Parámetros de Partida y Detención de Unidades Generadoras”, vigente a Abril de 2017.

De acuerdo a lo indicado en el Anexo Técnico, se debe poner especial consideración de acuerdo a lo indicado en su artículo 10, el cual hace mención al requerimiento de la información por medio de un Informe Técnico, y del artículo N°9, el cual entrega las consideraciones en la Determinación de los Parámetros solicitados.

Este informe deberá describir los registros de operación, supuestos, metodologías, alcances de la aplicación de estas metodologías y conclusiones, a fin de respaldar la obtención de los parámetros de partida y detención.

Para esto, el Informe Técnico deberá contar con:

- a) Información técnica, recomendaciones del fabricante y antecedentes nacionales o internacionales de unidades de similares características.
- b) Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- c) Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.

La información gestionada en el presente informe, está basada de acuerdo a información técnica proporcionada por el fabricante, así como información gestionada por la unidad Técnica de Empresa Eléctrica La Leonera S.A., propietaria de la Central Hidroeléctrica Pulelfu.

<b>Preparado para:</b> Coordinador Eléctrico Nacional DO.	<b>Código: Inf 06-2017</b> <b>Revisión: 001</b> <b>Fecha: 25-04-2017</b>	
<b>Informe Técnico</b>		

## 2. ANTECEDENTES GENERALES.

La Central Hidroeléctrica Pulelfu es una central hidroeléctrica de pasada, la cual aduce de las aguas del río Pulelfu un caudal de 9m<sup>3</sup>/s. Se encuentra ubicada en el km 12,4 de la Ruta U475, en la ribera norte del Lago Rupanco, a 76 km de la ciudad de Osorno, comuna de Puyehue, X Región de Los Lagos.

### 2.1.1. Ficha Técnica del Proyecto.

- Caudal de Diseño: 9 m<sup>3</sup>/s.
- Altura Neta: 114 m.
- Potencia: 9MW.
- Unidades: 2.
- Tipo Turbina: Francis Eje Horizontal.
- Tipo Generador: Síncrono. (5 MVA; 6,6kV).

## 3. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACION DE PARAMETROS.

### 3.1. Información Técnica.

#### 3.1.1. Determinación de Parámetros.

La información de este ítem, obedece a lo solicitado en el artículo N°6 del Anexo Técnico.

##### 3.1.1.1. Unidad N°1 y Unidad 2.

PARAMETROS PARTIDA-DETENCION UNIDAD N°1 y Unidad N°2.						
ITEMS	INFORMACION SOLICITADA	PERIODOS				
		PARTIDA		EN SERVICIO	DETENCION	
		Inicio de Partida	Sincronización	Mínimo Técnico	Potencia Nominal	Desconexión
		Sincronización.	Mínimo Técnico	Potencia Nominal	Desconexión	Detención
a)	Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida.	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
b)	Energía Eléctrica consumida en el proceso de partida. (KW/h)	8,69	0,24	No Aplica	No Aplica	No Aplica
c)	Tiempo requerido para el proceso de partida. (s)	1320	35	84	No Aplica	No Aplica
d)	Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención.	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
e)	Energía eléctrica utilizada en el proceso de detención.(KW/h)	No Aplica	No Aplica	No Aplica	1,09	1,76
f)	Tiempo requerido para el proceso de detención.	No Aplica	No Aplica	No Aplica	120	268
g)	Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido el proceso de partida.(s)	No Aplica	No Aplica	36		

<b>Preparado para:</b> Coordinador Eléctrico Nacional DO.	<b>Código: Inf 06-2017</b> <b>Revisión: 001</b> <b>Fecha: 25-04-2017</b>	
<b>Informe Técnico</b>		

### 3.1.2. Recomendaciones del Fabricante.

3.1.2.1. En relación a la etapa "Inicio de partida" la central considera una etapa de presurización del conducto forzado y el ecualizado de presión de la cámara espiral de cada una de las unidades generadoras. En este proceso el sistema SCADA permite (ante de iniciar el giro), se deba cumplir la condición de equilibrado de presión en la cámara espiral de cada unidad deba ser de por lo menos 110 mca y/o cumplir 1200 s (20 minutos) de tiempo de ecualizado, con la finalidad de asegurar que la presurización de la cámara espiral se realice de manera correcta y segura.

Una vez cumplida esta condición, se inicia el proceso de partida (giro) del conjunto generador-turbina, regulando la velocidad y parámetros de excitación, con la finalidad de poder sincronizar la(s) unidades al Sistema interconectado.

4.1.2.1. En relación al mínimo técnico, el fabricante recomienda que la potencia de cada unidad generadora no deba ser inferior al 30% de la potencia nominal de la turbina.

- Potencia nominal turbina: 4.469 MW.
- Potencia mínimo técnico: 1,340 MW

4.1.2.3. En relación al tiempo de toma de carga (mínimo técnico a potencia nominal), por configuración del fabricante, este valor es 120 s. Este valor a la fecha no se ha obtenido una prueba real con registro comprobable.

### 3.1.3. Otras Centrales similares.

La empresa SEMI Ingeniería de sistemas posee las siguientes Centrales similares a la Central Hidroeléctrica Pulelfu:

- PCH Cascata Chupinguaia, Brasil. 2 Unidades de 5,5 MW, Francis de Eje Vertical.
- PCH Pardos, Brasil. 2 Unidades de 5,5 MW, Francis de Eje Vertical.
- PCH Divisa, Brasil. 2 Unidades de 5,5 MW, Francis de Eje Vertical.
- PCH Itauazu, Brasil. 2 Unidades de 7,3 MW, Francis de Eje Vertical.

<b>Preparado para:</b> Coordinador Eléctrico Nacional DO.	<b>Código: Inf 06-2017</b> <b>Revisión: 001</b> <b>Fecha: 25-04-2017</b>	 Empresa Eléctrica <b>LA LEONERA S.A</b>
<b>Informe Técnico</b>		

### **3.2. Antecedentes de Operación de las Unidades Generadoras.**

A continuación se presentan los antecedentes que respaldan la obtención de los parámetros indicados en el numeral 4.1., incorporando registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.

#### **3.2.1. Obtención de parámetros de tiempos de partida y detención.**

En relación a la información que respalda los datos de los parámetros (tiempos) de Partida y Detención, estos son obtenidos de una base de datos del sistema SCADA Real Web versión 4.0, desarrollado por la empresa Brasileña SEMI Ingeniería de Sistemas, suministrador e integrador de los equipos de la Central Hidroeléctrica Pulelfu.

La Metodología empleada utiliza la obtención de registros históricos en la base de datos del SCADA y determinación del valor absoluto del período de tiempo de la ejecución de los accionamientos relacionados, de acuerdo a las etapas solicitadas en el artículo 6 del Anexo Técnico. Por otra parte, algunos tiempos son obtenidos considerando estimaciones de tiempo en función de información técnica del fabricante.

A continuación se indica la metodología en la obtención de los parámetros de períodos de tiempos.

##### **3.2.1.1 Período Inicio de Partida-Sincronización.**

Este período considera las siguientes etapas:

- (1) Orden de marcha y ecuilización: Se considera el tiempo de preparación de las unidades hidráulicas de regulación y de lubricación (a fin de estar en condiciones de T° de aceite y presión), a fin de contar con los equipos en condiciones de ejecutar los accionamientos necesarios. Este valor es relativo, dependiendo la estacionalidad (por temperaturas ambiente y del sistema de refrigeración agua/aceite).
- (2) Equilibrado de presión Cámara Espiral: En este proceso el sistema SCADA permite (ante de iniciar el giro), se deba cumplir la condición de que la presión en la cámara espiral de cada unidad deba ser de por lo menos 110 mca y/o cumplir 1200 s (20 minutos) de tiempo de ecuilizado, con la finalidad de asegurar que la presurización de la cámara espiral se realice de manera correcta y segura.
- (3) Giro del conjunto generador-turbina, velocidad nominal y tiempo de sincronización: Este tiempo es obtenido de acuerdo a registros de SCADA.

El tiempo total del período Inicio Partida-Sincronización es de 22 minutos.

<b>Preparado para:</b> Coordinador Eléctrico Nacional DO.	<b>Código: Inf 06-2017</b> <b>Revisión: 001</b> <b>Fecha: 25-04-2017</b>	 Empresa Eléctrica <b>LA LEONERA S.A</b>
<b>Informe Técnico</b>		

22/04/2017 05:55:43.366	PUL	M1			Interruptor del grupo cerrado
22/04/2017 05:33:42.165	PUL	M1			Salida del PLC conecta la valvula de alivio mecanico de la UHLC
22/04/2017 05:33:42.165	PUL	M1			Salida del PLC conecta la valvula direcciona para el filtro 1 de la UHLC
22/04/2017 05:33:42.155	PUL	M1			Motobomba de la UHLC en marcha
22/04/2017 05:33:42.150	PUL	M1			Motobomba 2 de la UHRV en marcha

Figura 1. Imagen SCADA secuencia Inicio Partida-Sincronización.

### 3.2.1.2. Período Sincronización-Mínimo Técnico.

Actualmente no contamos con un respaldo del registro real del tiempo que requiere esta etapa, sin embargo, la metodología empleada para la obtención de este parámetro es la consideración de la tasa de toma de carga indicada desde 0 al 30% de potencia, de acuerdo a lo indicado en el manual de comisionamiento del fabricante.

Para esto consideramos lo siguiente:

Tiempo de toma de Carga 0-100%: 120 s. (Dato manual de comisionamiento fabricante)

Tiempo de toma de Carga 0-30%:  $120 \times 30\% = 36$  s. (Estimación calculada).

### 3.2.1.3. Período Mínimo Técnico-Potencia Nominal.

Al igual que el punto anterior, actualmente no contamos con un respaldo del registro real del tiempo que requiere esta etapa, sin embargo la metodología empleada para la obtención de este parámetro es la consideración de la tasa de toma de carga indicada desde 0 al 30% de potencia, de acuerdo a lo indicado en el manual de comisionamiento del fabricante.

Para esto consideramos lo siguiente:

- Tiempo de toma de Carga 0-100%: 120 s. (Dato manual de comisionamiento fabricante)
- Tiempo de toma de Carga 30-100%:  $120 \times 70\% = 84$  s. (Estimación calculada).

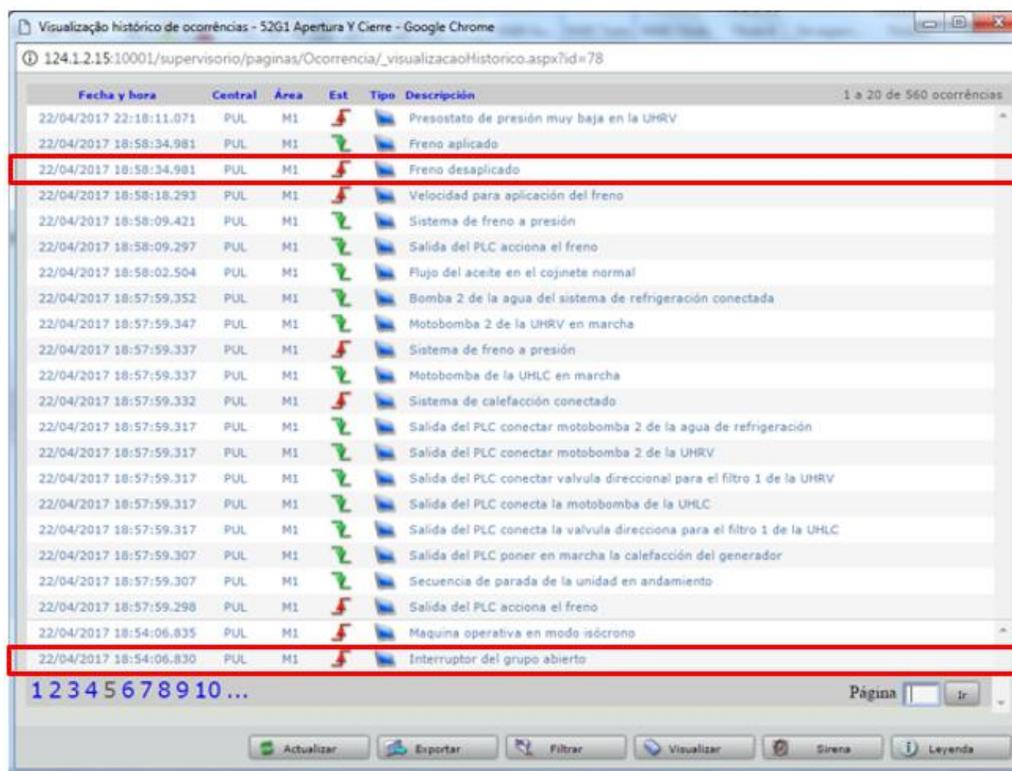
### 3.2.1.4. Período Potencia Nominal-Desconexión.

Al igual que el punto anterior, actualmente no contamos con un respaldo del registro real del tiempo que requiere esta etapa, sin embargo la metodología empleada para la obtención de este parámetro es la consideración de la tasa de toma de carga indicada desde 100% al 0% (giro en vacío) de potencia, de acuerdo a lo indicado en el manual de comisionamiento del fabricante. Para esto consideramos lo siguiente:

Tiempo de toma de Carga 100% a 0%: 120 s.

### 3.2.1.5. Período Desconexión-Detención.

Este tiempo es obtenido de acuerdo a registros de SCADA. Este valor considera la ventana de tiempo entre la desconexión efectiva del interruptor y la desactivación del freno ("0" rpm).



Fecha y hora	Central	Área	Est.	Tipo	Descripción
22/04/2017 22:18:11.071	PUL	M1			Presostato de presión muy baja en la UHRV
22/04/2017 18:58:34.981	PUL	M1			Freno aplicado
22/04/2017 18:58:34.981	PUL	M1			Freno desaplicado
22/04/2017 18:58:18.293	PUL	M1			Velocidad para aplicación del freno
22/04/2017 18:58:09.421	PUL	M1			Sistema de freno a presión
22/04/2017 18:58:09.297	PUL	M1			Salida del PLC acciona el freno
22/04/2017 18:58:02.504	PUL	M1			Flujo del aceite en el cojinete normal
22/04/2017 18:57:59.352	PUL	M1			Bomba 2 de la agua del sistema de refrigeración conectada
22/04/2017 18:57:59.347	PUL	M1			Motobomba 2 de la UHRV en marcha
22/04/2017 18:57:59.337	PUL	M1			Sistema de freno a presión
22/04/2017 18:57:59.337	PUL	M1			Motobomba de la UHLC en marcha
22/04/2017 18:57:59.332	PUL	M1			Sistema de calefacción conectado
22/04/2017 18:57:59.317	PUL	M1			Salida del PLC conectar motobomba 2 de la agua de refrigeración
22/04/2017 18:57:59.317	PUL	M1			Salida del PLC conectar motobomba 2 de la UHRV
22/04/2017 18:57:59.317	PUL	M1			Salida del PLC conectar valvula direccional para el filtro 1 de la UHRV
22/04/2017 18:57:59.317	PUL	M1			Salida del PLC conecta la motobomba de la UHLC
22/04/2017 18:57:59.317	PUL	M1			Salida del PLC conecta la valvula direccional para el filtro 1 de la UHLC
22/04/2017 18:57:59.307	PUL	M1			Salida del PLC poner en marcha la calefacción del generador
22/04/2017 18:57:59.307	PUL	M1			Secuencia de parada de la unidad en andamiento
22/04/2017 18:57:59.298	PUL	M1			Salida del PLC acciona el freno
22/04/2017 18:54:06.835	PUL	M1			Maquina operativa en modo isócrono
22/04/2017 18:54:06.830	PUL	M1			Interruptor del grupo abierto

Figura 1. Imagen SCADA secuencia Desconexión-Detención.

El tiempo empleado en esta etapa es de aproximadamente 4:28 minutos.

<b>Preparado para:</b> Coordinador Eléctrico Nacional DO.	<b>Código: Inf 06-2017</b> <b>Revisión: 001</b> <b>Fecha: 25-04-2017</b>	 <b>Empresa Eléctrica</b> <b>LA LEONERA S.A</b>
<b>Informe Técnico</b>		

### 3.2.2. Obtención de parámetros de energía eléctrica utilizada en los procesos de partida y detención.

Respecto a los datos de energía, las unidades generadoras no cuentan con equipos de medida que permitan la obtención directa de los servicios auxiliares consumidos por Unidad, por lo que para efectos de responder lo indicado en el artículo N°6, los datos serán obtenidos de acuerdo a una estimación de consumos, utilizando la siguiente metodología:

Unidad Hidráulica de Regulación (1)	Cantidad	Potencia (KW)	Potencia Total (KW)
Motor	1	5,5	5,5
Calefactores, 2 KW	3	2	6
<b>Total</b>			<b>11,5</b>

Unidad Hidráulica de Lubricación (2)	Cantidad	Potencia (KW)	Potencia Total (KW)
Motor	1	5,5	5,5
Calefactores, 2 KW	3	2	6
<b>Total</b>			<b>11,5</b>

Sistema de Refrigeración UHLC (3)	Cantidad	Potencia (KW)	Potencia Total (KW)
Motor	1	0,7	0,7
<b>Total</b>			<b>0,7</b>

Total Potencia Nominal Unidad 1	Potencia Total (KW)
(1)+(2)+(3) =	23,7

La potencia total de 23 ,7 KW es similar tanto para la Unidad N° y Unidad N°2 respectivamente. Este valor será utilizado para el cálculo de la energía eléctrica consumida por etapa.

<b>Preparado para:</b> Coordinador Eléctrico Nacional DO.	<b>Código: Inf 06-2017</b> <b>Revisión: 001</b> <b>Fecha: 25-04-2017</b>	 Empresa Eléctrica <b>LA LEONERA S.A</b>
<b>Informe Técnico</b>		

### **3.3. ANTECEDENTES TECNICOS QUE RESPALDEN Y EXPLIQUEN EL COMPORTAMIENTO ESPERADO O DESEMPEÑO REGISTRADO.**

Se adjunta el Manual de Comisionamiento del Fabricante, correspondiente a la Central Hidroeléctrica Pulelfu.

### **4. CONCLUSIONES.**

En relación a los Parámetros de Partida y Detención de la Central Hidroeléctrica Pulelfu, podemos indicar que en el presente informe se entregan estimaciones fundamentadas en operaciones reales, de acuerdo a metodologías de cálculo de acuerdo e informaciones técnica del fabricante, además de pruebas empíricas en los procesos de inicio de partida – sincronización y de desconexión-detención, sin embargo también señalamos que hay otros parámetros sin un registro disponible.

**Fin del Informe.**