

# **INFORME TÉCNICO**

**PROYECTO : PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN**

**CENTRAL ABANICO  
UNIDAD N° 5**

**PARA : ENEL GENERACIÓN**

**OT. : 2017-145-1**

**Dr. Ing. Cristian G. Rodríguez  
Jefe de Proyecto**

**VERSIÓN V01**

**Departamento de Ingeniería Mecánica  
Universidad de Concepción**

**30 DE NOVIEMBRE DE 2017**

## Información General

Informe solicitado por:	<b>ENEL GENERACIÓN CHILE</b>
Informe realizado por:	<b>UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN IIT – UdeC</b>  <b>Dr. Ing. Cristian G. Rodríguez</b> +56 9 98851821 <a href="mailto:cristian.rodriguez@udec.cl">cristian.rodriguez@udec.cl</a> <a href="http://www.udec.cl/~crrodrig">www.udec.cl/~crrodrig</a>
Coordinador de la Visita a la Central:	Ing. Carlos Lizama C.
Fecha de solicitud de la asesoría:	25 / 04 / 2017
Fecha de envío del Informe (e-mail): (Versión 1)	30 / 11 / 2017

## Resumen Ejecutivo

Durante las pruebas efectuadas el 10 de agosto de 2017 en la unidad N° 5 de Central Hidroeléctrica Abanico se determinaron los siguientes parámetros de partida y detención de la unidad generadora:

- el tiempo del **proceso de partida** es de **13 m 22 s (0,22 horas)**: desde que se da orden de arranque hasta alcanzar el mínimo técnico
- el tiempo del **proceso de detención** es de **14 m 42 s (0,25 horas)**: desde el mínimo técnico hasta la completa detención de la unidad
- el tiempo desde **mínimo técnico a carga nominal** es de **1,77 m (0,0295 horas)** con una tasa de toma de carga de 14,1 [MW/min]
- el tiempo desde **carga nominal a mínimo técnico** es de **1,77 m (0,0295 horas)** con una tasa de bajada de carga de 14,1 [MW/min]
- el tiempo **mínimo de operación** antes de dar orden de detención es de **0 s (0,00 horas)**
- el tiempo **mínimo fuera de servicio**, antes de dar una nueva orden de partida es de **0 s (0,00 horas)**
- para los movimientos de carga (toma o bajada) se deben considerar las variables operacionales propias de cada central y situaciones instantáneas del sistema como: frecuencia, estado de unidades de la Central, nivel cámara de carga o embalse, entre otros.

## 1. Responsables de las Pruebas

Las pruebas descritas en este informe las efectuó la Universidad de Concepción bajo la supervisión de Enel Generación.

La supervisión de las pruebas por parte de Enel Generación la realizó:

**Ing. Carlos Lizama Castillo**  
Soporte Técnico Chile  
Enel Generación  
[carlos.lizama@enel.com](mailto:carlos.lizama@enel.com)

La realización de las pruebas por parte de la Universidad de Concepción estuvo a cargo de:

**Dr. Ing. Cristian Rodríguez G.**  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Universidad de Concepción  
[cristian.rodriquez@udec.cl](mailto:cristian.rodriquez@udec.cl)  
+56 9 98851821

## 2. Objeto de las Pruebas

En el Anexo Técnicos de la Resolución Exenta N° 375 del Ministerio de Energía del 22 de abril de 2016 se indica la forma de determinar los parámetros de partida y detención de unidades generadoras.

El objeto de las pruebas es contar con mediciones que entreguen información relevante para establecer el mínimo técnico y los procesos de partida y parada de la unidad generadora N° 5 de Central Hidroeléctrica Abanico.

Las definiciones para los procesos de partida y detención entregadas por el anexo técnico de la Resolución Exenta N° 375 [1] son las siguientes:

**“Procesos de partida:** El proceso de partida de una unidad generadora es aquel que permite llevar la unidad desde el estado apagado hasta su condición de operación a mínimo técnico, inyectando energía al SI de manera segura y estable. Al término de este proceso, la unidad generadora se considerará en servicio”.

**“Proceso de partida en estado en frío:** proceso que se inicia cuando la unidad generadora se encuentra detenida por más de su tiempo declarado para estar en

*estado frío y debe realizar todos los procesos térmicos para pasar desde su estado apagado hasta su sincronización al SI”.*

**“Procesos de partida en estado en caliente:** *proceso que se inicia cuando la unidad generadora está desconectada del SI, pero ha estado detenida por menos del tiempo requerido para estar en estado frío, por lo que no requiere realizar todos los procesos térmicos hasta su sincronización al SI”.*

**“Proceso de detención:** *El proceso de detención de una unidad generadora es aquel que permite que la unidad deje de entregar energía al sistema, partiendo del punto de operación a potencia nominal hasta quedar en estado apagado. En el caso de unidades térmicas, corresponde al proceso que permite que la unidad deje de entregar energía al sistema y alcance los distintos estados definidos por la Empresa Generadora, hasta llegar a detener por completo los procesos térmicos y alcanzar su estado apagado”.*

**“Tiempo de Partida:** *El tiempo de partida corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de partida de una unidad generadora, según lo establecido en el literal a) del presente Artículo”.*

**“Tiempo de Detención:** *El Tiempo de detención corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de detención de una unidad generadora, según lo establecido en el literal b) del presente Artículo”.*

**“Condición Fuera de Servicio:** *Se entenderá que una unidad generadora se encuentra fuera de servicio cuando esta deja de inyectar energía y se encuentra desconectada del SI, verificando dicha condición a través del estado de su interruptor principal”.*

**“Estado Apagado:** *Se entenderá que una unidad generadora se encuentra en estado apagado, cuando la unidad se está completamente detenida. Para el caso de centrales térmicas, el estado apagado se entenderá cuando la unidad se encuentra completamente detenida y sin ningún proceso térmico en funcionamiento”.*

## **3. Proceso de Partida y Detención de la Unidad**

### **3.1 Proceso de Partida**

Para establecer los tiempos del proceso de partida, se coordinó con personal de operación, una partida de la unidad N° 5 de Abanico registrando los tiempos con un cronómetro.

#### **3.1.1 Inicio de Proceso de Partida hasta Sincronización**

Se cronometró el tiempo desde que se da la orden de partida hasta que la unidad sincronizó con el sistema, obteniéndose un tiempo de 13 minutos y 22 s.

La energía eléctrica consumida durante este periodo se estimó en 5 kWh.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

#### **3.1.2 Sincronización hasta Mínimo Técnico**

Debido a que el mínimo técnico propuesto es de 0 MW, el tiempo desde que la unidad sincroniza hasta alcanzar el mínimo es de 0 s.

La energía eléctrica consumida durante este periodo se estimó en 0 kWh.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

#### **3.1.3 Mínimo Técnico a Carga Nominal**

El tiempo desde mínimo técnico a carga nominal es de 1,77 minutos, con una tasa de toma de carga de 14,1 [MW/m].

La energía eléctrica consumida durante este periodo se estimó en 0,662 kWh.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

#### **3.1.4 Carga Nominal a Mínimo Técnico**

El tiempo desde carga nominal a mínimo técnico es de 1,77 minutos, con una tasa de bajada de carga de 14,1 [MW/m].

La energía eléctrica consumida durante este periodo se estimó en 0,662 kWh.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

### **3.2 Proceso de Detención**

Para establecer los tiempos del proceso de detención, se coordinó una detención con personal de operaciones, cronometrando los tiempos de detención.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

### **3.2.1 Mínimo Técnico hasta Desconexión**

El tiempo desde que la unidad pasa de generar 0 MW hasta desconectar es de 0 s.

La energía eléctrica consumida durante este periodo se estimó en 0 kWh.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

### **3.2.2 Desconexión hasta Término de la Detención**

Se cronometró el tiempo desde la desconexión de la unidad hasta la detención completa de la unidad, obteniéndose un tiempo de 14 minutos y 42 s.

La energía eléctrica consumida durante este periodo se estimó en 6 kWh.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

### **3.3 Tiempo Mínimo de Operación**

En unidades hidráulicas, no existe la limitación de un tiempo mínimo de permanencia en operación, debido a que las dilataciones y contracciones térmicas no son relevantes para el funcionamiento de la unidad. Por este motivo, el tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido el proceso de partida es de 0 s.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

### **3.4 Tiempo Mínimo para Alcanzar Estado en Frío**

En unidades hidráulicas, no existe la limitación de un tiempo mínimo de la unidad detenida, debido a que las dilataciones y contracciones térmicas no son relevantes para el funcionamiento de la unidad. Por este motivo, el tiempo mínimo para alcanzar el estado en frío, una vez concluido el proceso de detención es de 0 s.

Los datos aquí informados se resumen en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Parámetros de Procesos de Partida y Detención

<b>Proceso de Partida</b>		<b>13 m 22 s</b>
Inicio de Proceso de Partida hasta Sincronización		
tiempo		13 m 22 s
energía eléctrica consumida		5 kWh
Sincronización hasta Mínimo Técnico		
tiempo		0 m 00 s
energía eléctrica consumida		0 kWh
Tasa Toma Carga desde Mínimo Técnico a carga nominal		
Tiempo	1,77 m	
Tasa	14,1 [MW/m]	
Energía eléctrica consumida	0,662 [kWh]	
<b>Operación</b>		
Tiempo mínimo de operación		0 s
<b>Proceso de Detención</b>		<b>14 m 42 s</b>
Mínimo Técnico hasta Desconexión		
tiempo		0 m 00 s
energía eléctrica consumida		0 kWh
Desconexión hasta término de la Detención		
tiempo		14 m 42 s
energía eléctrica consumida		6 kWh
Tasa Bajada Carga desde Carga Nominal a Mínimo Técnico		
Tiempo	1,77 m	
Tasa	14,1 [MW/m]	
Energía eléctrica consumida	0,662 [kWh]	
<b>Detención hasta estado Frío</b>		
Tiempo para alcanzar estado frío		0 s



## Apéndice A Referencias

- [1] Ministerio de Energía Resolución Exenta N°375, Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y detención de Unidades Generadoras, 22 de abril de 2016  
<https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/Anexo-NT-Determinaci%C3%B3n-de-Par%C3%A1metros-para-los-Procesos-de-Partida-y-Detenci%C3%B3n-de-Unidades-Generadoras.pdf>

## Índice

Resumen Ejecutivo .....	3
1. Responsables de las Pruebas .....	4
2. Objeto de las Pruebas .....	4
3. Proceso de Partida y Detención de la Unidad .....	6
3.1 Proceso de Partida.....	6
3.1.1 Inicio de Proceso de Partida hasta Sincronización .....	6
3.1.2 Sincronización hasta Mínimo Técnico .....	6
3.1.3 Mínimo Técnico a Carga Nominal .....	6
3.1.4 Carga Nominal a Mínimo Técnico .....	6
3.2 Proceso de Detención.....	6
3.2.1 Mínimo Técnico hasta Desconexión.....	7
3.2.2 Desconexión hasta Término de la Detención.....	7
3.3 Tiempo Mínimo de Operación .....	7
3.4 Tiempo Mínimo para Alcanzar Estado en Frío .....	7
Apéndice A Referencias .....	9

## Índice de tablas

Tabla 3.1. Parámetros de Procesos de Partida y Detención .....	8
--	---

El Laboratorio de Vibraciones Mecánicas del Departamento de Ingeniería Mecánica de la **Universidad de Concepción** está compuesto por un grupo de especialistas, Doctores en Ingeniería Mecánica, que desde hace más de 25 años realizan Investigación, Desarrollo, Asesorías y Capacitación a industrias del país y del extranjero en diversas áreas de la dinámica de máquinas y estructuras, con especial énfasis en el mantenimiento predictivo-proactivo mediante el análisis de vibraciones y técnicas complementarias. Para conocer más acerca de nuestra labor, visite nuestra dirección electrónica [www.dim.udec.cl/lvm](http://www.dim.udec.cl/lvm)

**Cristian Rodríguez** es Ingeniero Civil Mecánico, Magíster en Vibraciones por la Universidad de Concepción, y **Doctor en Fluidos, Turbomáquinas y Potencia Fluida** por la Universidad Politécnica de Cataluña UPC (Barcelona, España). Ha sido acreedor de numerosos premios y es autor de publicaciones internacionales en el ámbito de las Vibraciones y el Mantenimiento Predictivo. Trabajó en el control de vibraciones de Turbinas Hidráulicas de Endesa España y ha participado en proyectos internacionales financiados por los principales fabricantes de Turbinas Hidráulicas: Alstom, Voith, GE, Vatech. Ha sido consultor en diagnóstico de fallas en Endesa España, Iberdrola España, Colbún Chile, Endesa Chile, Codelco, Minera Escondida, y otras empresas. Dirigió un proyecto de investigación FONDECYT financiado por el Gobierno de Chile sobre la respuesta vibratoria de Turbinas Hidráulicas y actualmente es el único chileno con publicaciones internacionales sobre Vibraciones en Turbinas Hidráulicas. Más información en [www.udec.cl/~crrodrig](http://www.udec.cl/~crrodrig)

