



## Informe Técnico

### Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención en unidad generadora Carena 4

COLBÚN 2019

SUBGERENCIA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

B	07.11.2019	Revisión interna	J.L	M.C	G.N
A	14.12.2018	Revisión interna	J.L	M.C	G.N
Rev.	Fecha	Naturaleza de revisión	Preparado	Revisado	Aprobado

## Contenido

1. Introducción .....	3
2. Objetivos .....	3
3. Metodología .....	4
4. Antecedentes .....	4
4.1 Antecedentes técnicos de diseño .....	4
4.2 Antecedentes nacionales o internacionales de unidades similares.....	6
4.3 Antecedentes operacionales.....	6
5. Parámetros de Partida y Detención .....	7
5.1 Tiempos desde apagado hasta potencia nominal.....	7
5.1.1 Periodo I .....	7
5.1.2 Periodo II .....	7
5.1.3 Periodo III .....	8
5.2 Tiempos desde potencia nominal hasta detención de la unidad.....	8
5.2.1 Periodo IV.....	8
5.2.2 Periodo V .....	8
5.3 Energía consumida durante los periodos.....	9
6. Conclusiones.....	10
7. Anexos .....	11
Anexo 1 Consumo CH Carena 2018.....	11

## 1. Introducción

En el marco de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS) versión mayo 2018, el Coordinador Eléctrico Nacional (en adelante el “Coordinador”) ha solicitado actualizar los parámetros de partida y detención para las unidades generadoras que se encuentren conectadas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

En el contexto antes señalado y con el fin de cumplir con el Anexo Técnico: “Determinación de parámetros para los procesos de partida y detención de unidades generadoras” (en adelante el “Anexo Técnico”) de la NTSyCS, el presente informe actualiza, determina e informa los valores de los siguientes parámetros de la unidad generadora N°4 de la Central Hidroeléctrica Carena (“CH Carena”):

- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida.
- Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida.
- Tiempo requerido para el proceso de partida.
- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención.
- Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención.
- Tiempo requerido para el proceso de detención.
- Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida.

Los parámetros anteriores, se informan desglosados en los siguientes periodos:

- I. Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización.
- II. Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a mínimo técnico.
- III. Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal.
- IV. Desde la operación a potencia nominal hasta la desconexión.
- V. Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención.

## 2. Objetivos

Actualizar, determinar e informar los parámetros asociados a los procesos de partida y detención de la unidad generadora Carena N°4 (en adelante “Carena 4”), de acuerdo a lo establecido en el Anexo Técnico “Determinación de los parámetros para los procesos de partida y detención de las unidades generadoras” de la NTSyCS, versión mayo 2018.

### 3. Metodología

Para la determinación de los parámetros asociados a los procesos de partida y detención de Carena 4, según el Anexo Técnico de la NTSyCS, se utilizaron los siguientes antecedentes operacionales:

- Procesos de partida de la unidad
- Toma de carga típica de la unidad
- Reducción de carga típica de la unidad
- Proceso de detención de la unidad.

En base a estos antecedentes, se establecen supuestos y valores típicos que se utilizarán para el cálculo de los distintos parámetros mencionados.

### 4. Antecedentes

Para la actualización del valor del Mínimo Técnico de la unidad Carena 4 se tomaron en cuenta los siguientes antecedentes.

#### 4.1 Antecedentes técnicos de diseño

A continuación, se muestran los datos de placa del generador de la unidad Carena 4:

DATOS DE PLACA DEL GENERADOR DE LA UNIDAD CARENA 4		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	N° de Fases	3
2	Potencia Nominal	2,6 MVA
3	Potencia Máxima	2,6 MVA
4	Voltaje Nominal	6,3 kV
5	Corriente Nominal	239 A
6	Frecuencia Nominal	50 Hz
7	Factor de Potencia	0,8
8	Velocidad Nominal	1.000 rpm
9	Polos	6

Tabla 1: Datos de placa del generador de la unidad Carena 4.

A continuación, se muestran los datos de placa de la turbina de la unidad Carena 4:

DATOS DE PLACA DE LA TURBINA DE LA UNIDAD CARENA 4		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Unidad	Carena 4
2	Tipo turbina	Francis
3	Año de construcción	1937
4	Velocidad nominal	1.000 rpm
5	Altura neta	127 m
6	Potencia nominal	2,2 MW
7	Potencia máxima	2,5 MW
8	Caudal	2,55 m <sup>3</sup> /s

Tabla 2: Datos de placa de la turbina de la unidad Carena 4.

#### 4.1.1 Manual de operación y mantenimiento

Actualmente, no se cuenta con una versión digital del manual de operación y mantenimiento de la unidad Carena 4 y, debido a que este es una colección de tomos, tampoco es posible adjuntarlo. Sin embargo, en la siguiente sección, se presentan el diagrama PQ del generador.

#### 4.1.2 Diagramas de operación

En la Figura 1 se muestra el diagrama PQ de la unidad Carena 4 (adjunto en el Anexo 2).

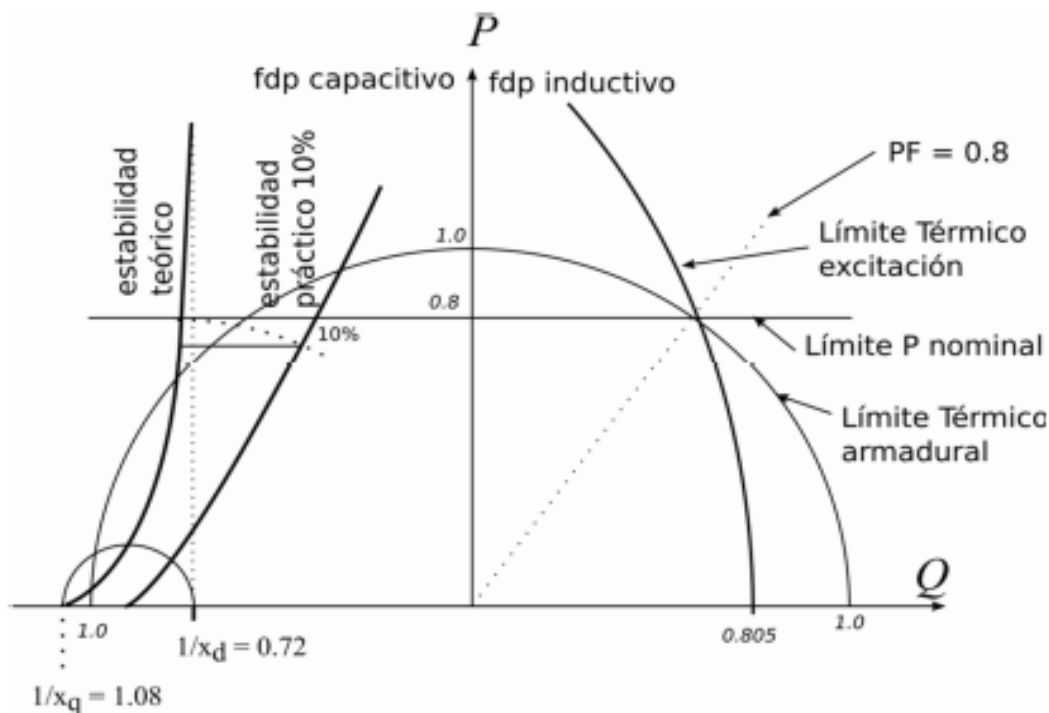


Figura 1: Diagrama PQ de la unidad Carena 4.

### 4.1.3 Informe de performance y ajustes de los automatismos

Del informe de performance y ajustes de automatismos, no se obtiene ninguna información que permita definir los parámetros Partida y Detención para la unidad.

### 4.2 Antecedentes nacionales o internacionales de unidades similares

No se cuenta con este tipo de antecedentes.

### 4.3 Antecedentes operacionales

En esta sección se presentan antecedentes correspondientes a la partida y detención de las unidades de la CH Carena, con el fin de determinar los tiempos y energía consumida solicitados en el Anexo Técnico.

En la Figura 1, se presentan los registros de la potencia activa generada por las unidades N°3 y N°4 de una operación normal de la CH Carena, desde que el operador da la instrucción de arranque hasta que la unidad alcanza el valor de potencia nominal, aproximadamente 2,4 MW brutos.

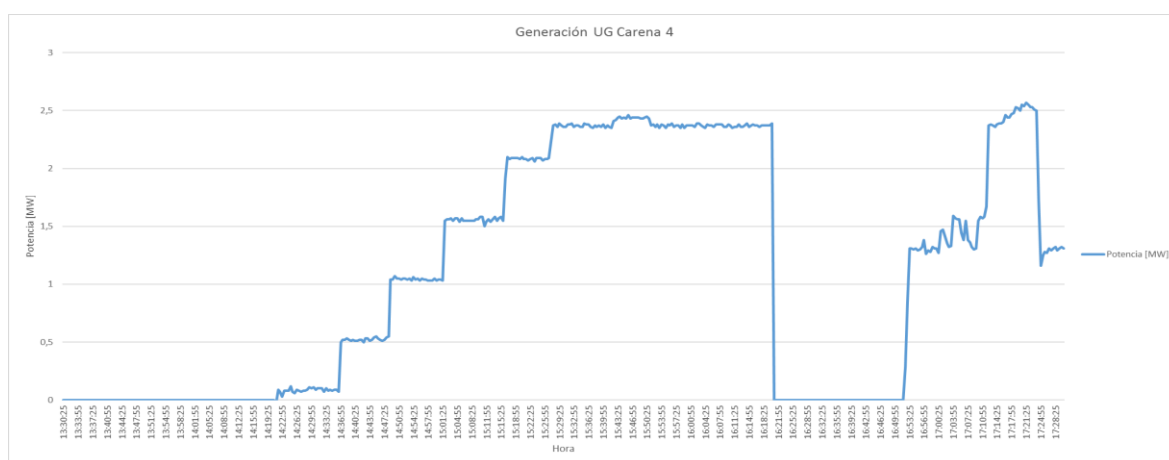


Figura 2: Operación UG Carena 4

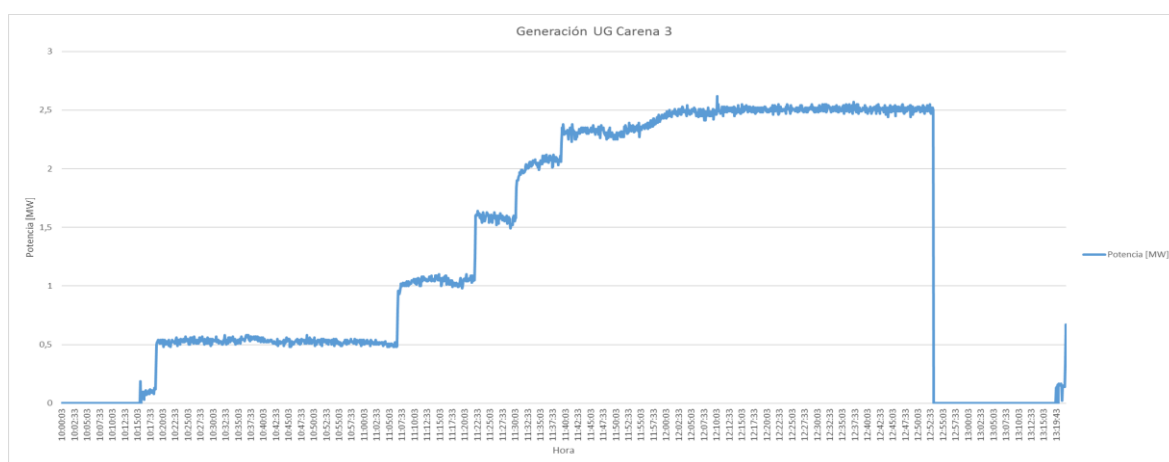


Figura 3: Operación UG Carena 3

A partir de las Figura 3 y 4 se puede determinar la tasa de toma y reducción de carga de las unidades de la central, que sería aproximadamente 2 MW/min.

## 5. Parámetros de Partida y Detención

Para determinar los parámetros exigidos en el Anexo Técnico en cuestión, se utilizaron los antecedentes presentados en los títulos anteriores y los cuales que se resumen a continuación

- Mínimo técnico:	1,5 MW brutos
- Potencia nominal:	2,5 MW brutos
- Tasa de toma de carga:	2 MW/min
- Tasa de reducción de carga:	2 MW/min
- Consumo Energía fuera de servicio:	330 kWh
- Consumo Energía en servicio:	500 kWh

### 5.1 Tiempos desde apagado hasta potencia nominal

A continuación, se calcularán los tiempos desde el estado de apagado de la unidad hasta que alcanza su potencia nominal, desglosados en los siguientes periodos de acuerdo a lo indicado en el Anexo Técnico respectivo:

- Periodo I: Desde inicio del proceso de partida hasta sincronización;
- Periodo II: Desde sincronización hasta la operación a mínimo técnico;
- Periodo III: Desde operación a mínimo técnico hasta operación a potencia nominal.

#### 5.1.1 Periodo I

Para determinar el tiempo que tarda la unidad en completar este periodo se analizó un proceso de arranque y detención ocurrido el día 15 de noviembre del presente año. De acuerdo a los registros del sistema de control de las unidades 3 y 4 de la CH Carena, el tiempo que demoran desde que se da la orden de arranque hasta el cierre de interruptor es de 2,15 minutos y 7,67 minutos, respectivamente. Dado el sistema de control que tienen las unidades, no es posible enviar un respaldo de dichos valores.

Ahora bien, cabe mencionar que los resultados expuestos en el párrafo anterior corresponden al análisis de un proceso de arranque en particular. Por este motivo, y considerando las diferencias entre ambas unidades, es que se decidió unificar el tiempo que demoran todas las unidades de la CH Carena en completar este periodo, utilizando el promedio entre ambos quedando en 5 minutos aproximadamente.

#### 5.1.2 Periodo II

El tiempo que tarda la unidad en alcanzar la operación a mínimo técnico, va a depender de la tasa de toma de carga de la unidad. Ahora bien, considerando una tasa de toma de carga de 2 MW/min, el tiempo que demora la unidad en llegar hasta el valor de Mínimo Técnico, 1,5 MW brutos, una vez sincronizada a 0 MW brutos es 0,75 minutos aproximadamente.

### 5.1.3 Periodo III

Finalmente, el tiempo que tarda la unidad desde alcanzar el mínimo técnico hasta operar a potencia nominal (2,5 MW brutos), suponiendo una tasa de toma de carga de 2 MW/min, es de 0,5 minutos aproximadamente.

## 5.2 Tiempos desde potencia nominal hasta detención de la unidad

En la siguiente sección se calcularán los tiempos para los siguientes periodos, de acuerdo a lo indicado en el Anexo Técnico respectivo:

- a) Periodo IV: Desde la operación a potencia nominal hasta la desconexión;
- b) Periodo V: Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención.

### 5.2.1 Periodo IV

En el caso del Periodo IV, es decir, desde la operación de potencia nominal hasta la desconexión de la central (0 MW brutos aproximadamente), se desglosaron los tiempos en las siguientes etapas:

- a) Desde Potencia Nominal hasta Mínimo Técnico.
- b) Desde Mínimo Técnico hasta Desconexión.

Ahora bien, teniendo en cuenta los datos de parámetros operacionales ya mencionados (mínimo técnico y potencia nominal), y considerando que la tasa de reducción de carga es igual a la de toma de carga, se concluye que el valor de estos tiempos serían los siguientes:

- a) 0,5 minutos
- b) 0,75 minutos.

### 5.2.2 Periodo V

Al igual que para el Periodo I, en este caso se analizó el tiempo que demoraron las unidades N°3 y N°4 en el proceso de detención ocurrido el 15 de noviembre de 2018. Dichos tiempos fueron 8,23 minutos y 5,6 minutos, respectivamente. En base a los argumentos ya expuestos en el capítulo 5.1.1 es que se concluye que el tiempo que demoran las unidades de la CH Carena en completar este periodo es de 7 minutos aproximadamente.



### 5.3 Energía consumida durante los periodos

Para determinar la energía consumida, se utilizarán los tiempos calculados en las secciones 5.1 y 5.2. En el caso del consumo de energía se determinó en base a los registros diarios de los operadores de la energía consumida por la central completa, esta información se encuentra en el Anexo 1. A partir de los registros se desprende que el consumo propio de la central completa con las unidades fuera de servicio es de aproximadamente 330 kWh. Por otra parte, una vez las 4 unidades entran en servicio la energía consumida de la central completa alcanza los 1000 kWh aproximadamente. En consecuencia, se deduce que el consumo de energía por unidad en servicio es de aproximadamente 170 kWh. Por simplificación, se supone que la energía consumida de Carena 4 fuera de servicio es 330 kWh (periodos I y V) y en servicio es de 500 kWh (periodos II, III y IV) de manera constante. En base a ello se calcula la energía consumida en cada periodo para Carena 4 es:

- Periodo I: 27,5 kWh
- Periodo II: 6,25 kWh
- Periodo III: 4,17 kWh
- Periodo IV:
  - a) Desde potencia nominal a mínimo técnico: 4,17 kWh
  - b) Desde mínimo técnico hasta desconexión: 6,25 kWh
- Periodo V: 38,5 kWh

## 6. Conclusiones

El presente Informe Técnico determina los tiempos y energía consumida durante los procesos de partida y detención de Carena 4, en cumplimiento con el Anexo Técnico de la NTSyCS versión mayo 2018, los cuales se resumen en las Tablas a continuación.

Periodos	Tiempo requerido	Energía Eléctrica consumida
	minutos	kWh
<b>Partida de Carena 4</b>		
<b>Periodo I</b>	5	27,5
<b>Periodo II</b>	0,75	6,25
<b>Periodo III</b>	0,5	4,17
<b>Detención de Carena 4</b>		
<b>Periodo IV (a)</b>	0,5	4,17
<b>Periodo IV (b)</b>	0,75	6,25
<b>Periodo V</b>	7	38,5

Tabla 3: Tabla resumen por periodos para Carena 4.

(a) = Periodo referido desde Potencia Nominal hasta Mínimo Técnico

(b) = Periodo referido desde Mínimo Técnico hasta Desconexión

En base a los resultados mostrados en la tabla anterior, se propone el siguiente tiempo de partida, de acuerdo a lo definido en el Anexo Técnico:

- Tiempo de partida: 5,75 minutos.

En cuanto al tiempo de detención, se propone el siguiente:

- Tiempo de detención: 7,75 minutos.

Finalmente, cabe mencionar que Carena 4 no cuenta con restricciones para el Tiempo Mínimo de Operación, pudiendo ser desconectada del SEN una vez concluido el proceso de partida. Asimismo, la unidad no tiene restricciones para arrancar una vez finalizado el proceso de detención.

## **7. Anexos**

### **Anexo 1 Consumo CH Carena 2018**