



Informe Técnico

Determinación de parámetros para los procesos de partida
y detención en Central Térmica Los Pinos

COLBÚN 2018

SUBGERENCIA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

A	03.09.2018	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 y recomendación del fabricante	4
4.2 Antecedentes nacionales o internacionales de unidades similares	5
4.3 Antecedentes operacionales	5
4.4 Clasificación de Partidas	8
5. Parámetros de Partida y Detención	8
5.1 Tiempos desde apagado a potencia nominal	8
5.1.1 Periodo I	8
5.1.2 Periodo II	9
5.1.3 Periodo III	9
5.2 Tiempos desde potencia nominal hasta detención de la unidad	9
5.2.1 Periodo IV	9
5.2.2 Periodo V	9
5.3 Combustible consumido durante los periodos	10
5.4 Energía consumida durante los periodos	11
6. Conclusiones	12
7. Anexos	13
7.1 Anexo 1 Carta DE03276-18	13
7.2 Anexo 2 Tasa de toma de carga	13
7.2 Anexo 3 Tasa de reducción de carga	13
7.3 Anexo 4 Consumos CT Los Pinos	13

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:

- 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 e informar los parámetros asociados a los procesos de Partida y Detención de la central térmica CT Los Pinos (en adelante “CT Los Pinos”), de acuerdo a lo establecido en el Anexo Técnico “Determinación de los Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de las unidades generadoras del SI” de la NTSyCS.

3. Metodología

Para la determinación de los parámetros asociados a los procesos de Partida y Detención de CT Los Pinos, según el Anexo Técnico de la NTSyCS, se utilizaron antecedentes operacionales que consideraron lo siguiente:

- Procesos de partida de la unidad.
- Toma de carga de la unidad.
- Reducción de carga de la unidad.
- Estadísticas de consumos de combustibles.
- 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

4.1 Antecedentes técnicos de diseño y recomendación del fabricante

A continuación, se muestran los datos de placa del generador de CT Los Pinos:

DATOS DE PLACA DEL GENERADOR DE CT LOS PINOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	N° de Fases	3
2	Potencia Nominal	111 MW
3	Potencia Máxima	138,75 MW
4	Voltaje Nominal	11,5 kV
5	Corriente Nominal	6.966 A
6	Frecuencia Nominal	50 Hz
7	Factor de Potencia	0,8
8	Velocidad Nominal	3.000 rpm
9	Polos	2

Tabla 1: Datos de placa del generador de CT Los Pinos.

A continuación, se muestran los datos de placa de la turbina de la unidad de CT Los Pinos:

DATOS DE PLACA DE LA TURBINA DE LA UNIDAD DE CT LOS PINOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Unidad	CT Los Pinos
2	Tipo turbina	TG
3	Año de construcción	2012
4	Velocidad nominal	3000 rpm
6	Potencia nominal	100 MW
7	Potencia máxima	104 MW
9	Rotación	Horario

Tabla 2: Datos de placa de la turbina de CT Los Pinos.

Por otra parte, dentro del manual de operación de la unidad se pueden encontrar las tasas de toma y reducción de carga señaladas por el fabricante, General Electric, y que indican que ambas son de 30 MW/min. Esto se puede observar en los Anexos 2 y 3.

Con respecto al parámetro de Mínimo Técnico, de acuerdo a lo informado por el Coordinador en su carta DE 03276-18 de fecha 27 de julio de 2018, la potencia mínima de CT Los Pinos es de 17 MW brutos (combustible diésel). La carta antes mencionada se presenta en el Anexo 1.

4.2 Antecedentes nacionales o internacionales de unidades similares

En el contexto nacional, el Coordinador publicó, en su página web, el informe técnico preliminar¹ de CT Atacama, con los siguientes parámetros de partida y detención para la operación en ciclo abierto y considerando combustible diésel, de acuerdo a lo señalado en el Anexo Técnico respectivo.

- Tiempo de Partida: 22 minutos
- Consumo de Energía Proceso de Partida: 0,36 MWh
- Tiempo de Detención: 30 minutos
- Consumo de Energía Proceso de Detención: 0,3 MWh

4.3 Antecedentes operacionales

En esta sección se presentan los antecedentes correspondientes a las partidas y detenciones de CT Los Pinos, con el fin de determinar los tiempos, energía y consumo de combustible solicitados en el Anexo Técnico.

En la Figura 1 se presentan los registros de la potencia y el consumo de combustible para un proceso de arranque típico de CT Los Pinos operando con combustible diésel.

¹ Cabe señalar, que los parámetros presentados se encuentran en revisión y no han sido aprobados aún por el Coordinador. Así mismo, estos valores deben ser considerados como referenciales por cuanto ambas unidades no son idénticas.

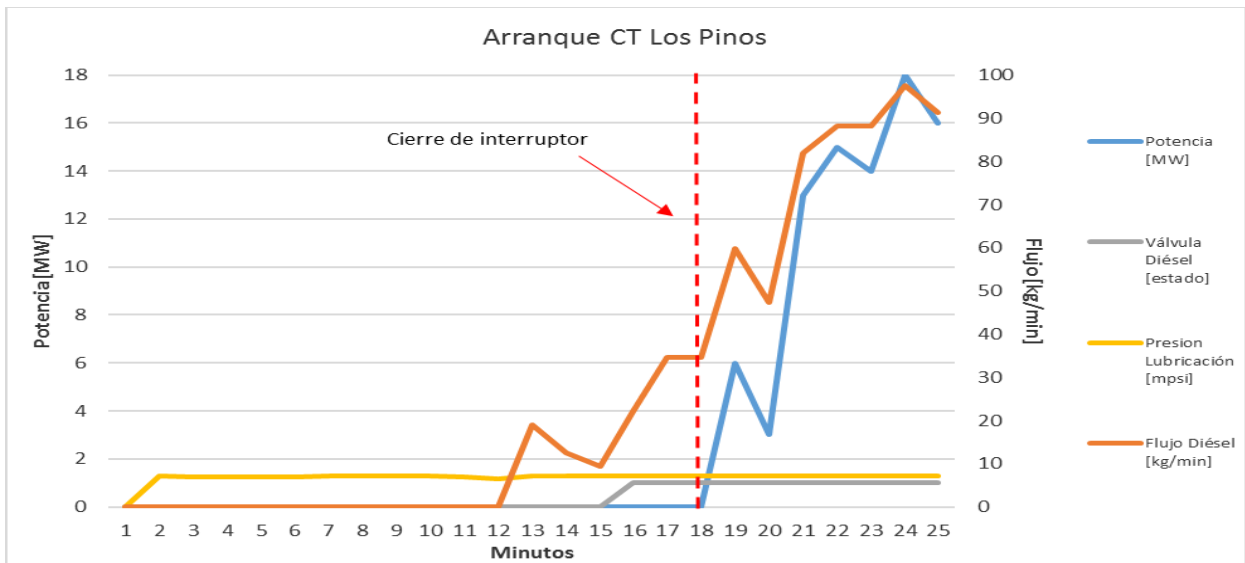


Figura 1: Arranque típico de CT Los Pinos

A partir de la Figura 1, se observa que el proceso de arranque de la unidad se inicia cuando comienza la lubricación. Posteriormente una vez alcanzadas las condiciones ideales, por el sistema de control, comienza ya la inyección de diésel y finalmente se abre la válvula alimentando con combustible a la turbina a 28 kg/min en promedio. Una vez sincronizada la CT Los Pinos, el consumo de diésel aumenta a medida que lo hace la potencia generada. De la figura, también se puede notar que el tiempo que demora la unidad desde iniciado el proceso de partida hasta la sincronización, es de 18 minutos.

En la Figura 2, se presentan los registros de potencia y consumo de combustible durante una operación de la CT Los Pinos a Mínimo Técnico.

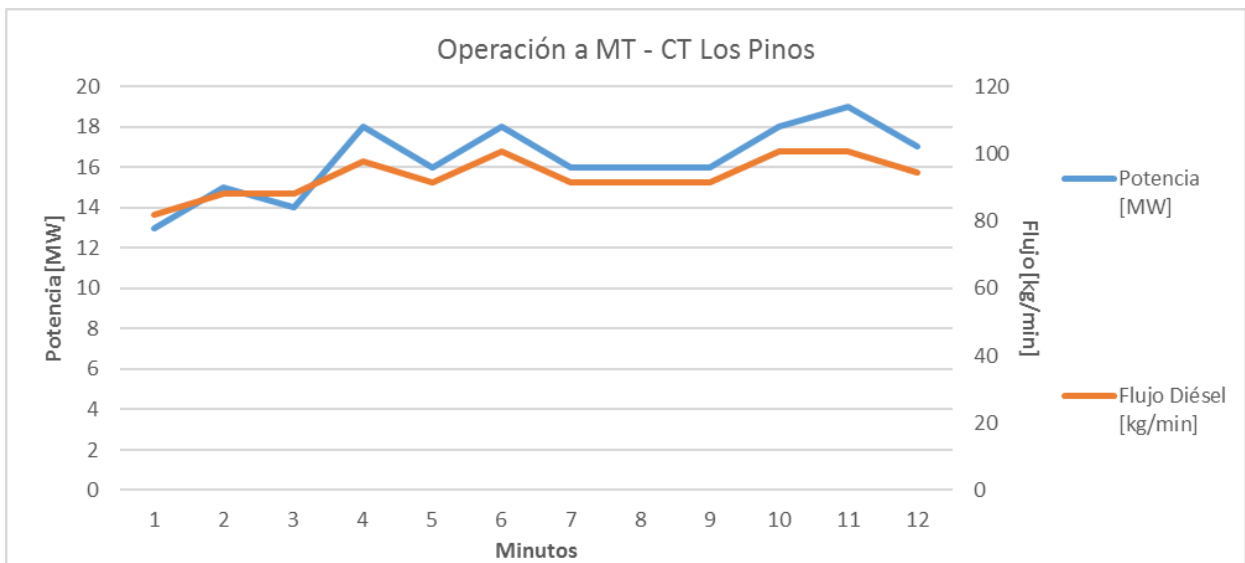


Figura 2: Consumo de combustible a Mínimo Técnico.

De la Figura 2, se observa que para cuando la unidad se encuentra operando a Mínimo Técnico, 17 MW brutos, entonces la unidad tiene un consumo promedio de 94,2 kg/min.

Por otra parte, se presenta a continuación el registro en potencia y consumo de combustible durante la operación a potencia nominal, 100 MW brutos.

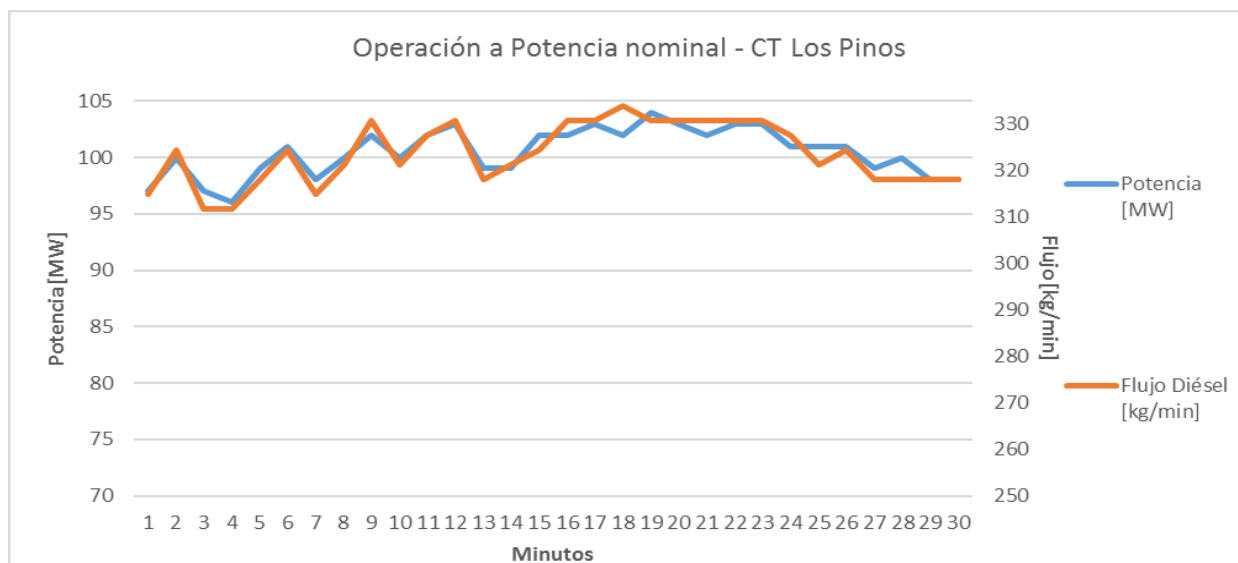


Figura 3: Consumo de combustible a potencia nominal

De la Figura 3, se concluye que el consumo de combustible de CT Los Pinos durante la operación a potencia nominal, es de aproximadamente 323,7 kg/min en promedio.

A continuación, se muestra el registro de una detención normal para CT Los Pinos.

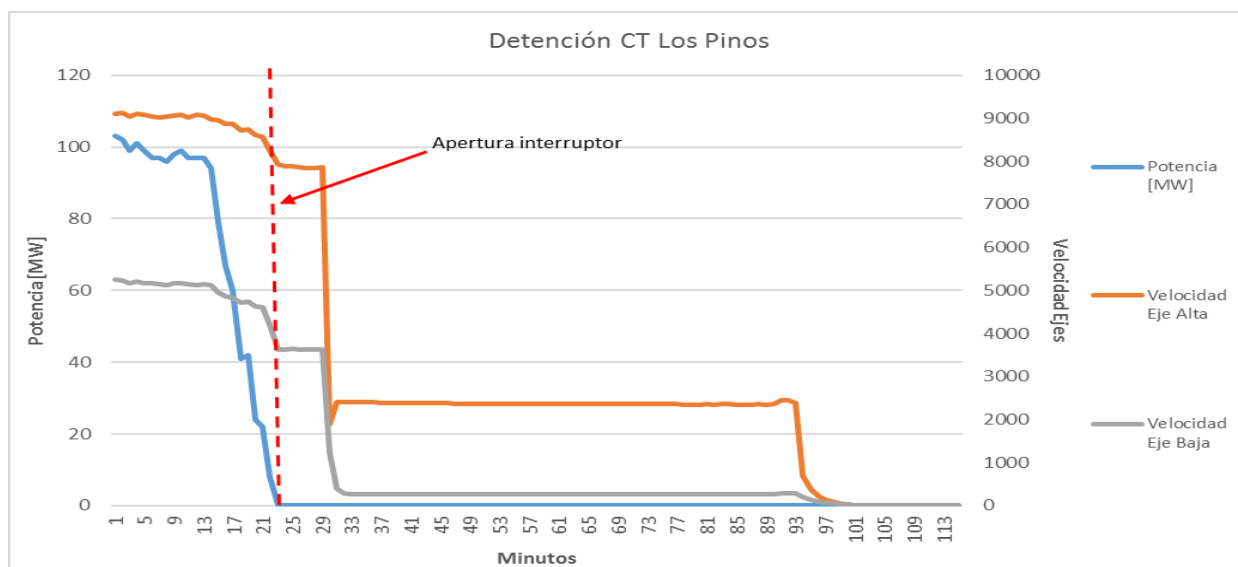


Figura 4: Detención de CT Los Pinos

En primer lugar, a partir de la Figura 4 se puede observar como la potencia desciende hasta quedar en 0 MW, justo cuando se produce la apertura del interruptor. Posteriormente los distintos ejes bajan su velocidad hasta llegar a la velocidad de virado, en la cual se mantienen por un tiempo hasta que la unidad se ha enfriado lo suficiente para ser detenida completamente.

En cuanto al consumo de energía de la central, éste se realiza de forma manual a través del medidor de facturación y es registrado diariamente por el Operador de la central. En el Anexo 4, se muestra el consumo de energía de la central para los meses de julio y agosto del presente año. A partir de estos datos se puede estimar el consumo de CT Los Pinos para cuando se encuentra fuera de servicio, y para cuando se encuentra en servicio (independiente de la carga), estos consumos serían 0,13 MWh y 1,01 MWh, respectivamente. Cabe mencionar que durante el mes de julio la unidad estuvo detenida, en cambio durante los primeros 3 días de agosto la unidad se encontraba en servicio.

4.4 Clasificación de Partidas

Para la turbina de CT Los Pinos, las partidas no dependen de la temperatura inicial o el tiempo que lleva fuera de servicio. Por lo que los distintos parámetros que se determinarán serán aplicables para cualquier condición inicial en que se encuentre la unidad, antes de iniciar su proceso de partida.

Para que esto sea efectivo, a la unidad se le aplica una rutina de virado cuando no ha sido despachada para generación.

5. Parámetros de Partida y Detención

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

- Mínimo técnico:	17 MW brutos
- Potencia nominal :	100 MW brutos
- Tasa de toma de carga:	30 MW/min
- Tasa de reducción de carga:	30 MW/min
- Consumo energía fuera de servicio:	0,13 MWh
- Consumo energía en servicio:	1,01 MWh
- Consumo de combustible a mínimo técnico:	94,20 kg/min
- Consumo de combustible a potencia nominal:	323,7 kg/min

5.1 Tiempos desde apagado a 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

Tal y como se mencionó en el Título 4, de la Figura 1 se desprende que el tiempo que le toma a CT Los Pinos en completar este periodo es de 18 minutos, para cualquier tipo de condición de

arranque. Este será el tiempo que tarda CT Los Pinos en alcanzar las condiciones de sincronización para posteriormente tomar carga.

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 30 MW/min, de acuerdo a lo indicado por el fabricante, el tiempo para este periodo es de 0,57 minutos aproximadamente, hasta llegar a 17 MW brutos.

5.1.3 Periodo III

Finalmente, el tiempo que tarda la unidad desde alcanzar el mínimo técnico hasta operar a potencia nominal, suponiendo una tasa de toma de carga de 30 MW/min, es de 2,77 minutos aproximadamente, hasta llegar a 100 MW brutos.

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 consideración los datos de parámetros operacionales ya mencionados (mínimo técnico y potencia nominal), y también la tasa de reducción de carga (30 MW/min), se concluye que el valor de estos tiempos serían los siguientes:

- a) 2,77 minutos.
- b) 0,57 minutos.

5.2.2 Periodo V

Finalmente para el Periodo V, que comprende desde la desconexión hasta el término del proceso de detención, se utilizaron los antecedentes de la Figura 24. En dicha figura, se observa el momento de apertura del interruptor, en el cual la velocidad de la turbina desciende desde su velocidad nominal hasta alcanzar la velocidad de virado, en aproximadamente 9 minutos.

Posteriormente la unidad queda girando en virado por aproximadamente 65 minutos hasta que logra enfriarse lo suficiente para ser detenida completamente. El tiempo que demora la unidad desde velocidad de virado hasta detenerse es de 9 minutos aproximadamente.

En base a todo lo anterior, el tiempo total que demora CT Los Pinos en detenerse completamente es de 83 minutos.

5.3 Combustible consumido durante los periodos

Para el cálculo de consumo de combustible en los distintos periodos, se consideraron los valores que se muestran en las Figuras 1, 2, y 3, y los tiempos determinados en la sección 5.1 del presente documento. En particular, con respecto al consumo de combustible, se supuso lo siguiente:

- El consumo de combustible para sincronizar CT Los Pinos es el indicado en la Figura 1, y es equivalente a los últimos seis minutos previos a la sincronización.
- Se utiliza el consumo de combustible promedio indicado en la Figura 2 para potencias comprendidas entre 0 MW brutos hasta el Mínimo Técnico (17 MW brutos).

Para potencias comprendidas entre el Mínimo Técnico hasta potencia nominal, se consideró que el consumo promedio de combustible es el indicado en la Figura 3.

- Finalmente, para determinar el consumo para el Periodo V, se consideró el tiempo que demora en alcanzar la velocidad de virado, a la cual ya no se alimenta la turbina con diésel, y el consumo calculado en la Figura 1 antes de sincronizar.

Considerando lo anterior, el combustible consumido para los distintos periodos en CT Los Pinos operando con diésel es:

- Periodo I: 168 kg
- Periodo II: 53,69 kg
- Periodo III: 896,65 kg
- Periodo IV:
 - a) Desde potencia nominal a mínimo técnico: 896,65 kg
 - b) Desde mínimo técnico hasta desconexión: 53,69 kg
- Periodo V²: 311,76 kg

² Se consideró que la central se encuentra en estado apagado una vez que la turbina alcanza su velocidad de virado.

5.4 Energía consumida durante los periodos

Para determinar la energía consumida, se utilizarán los antecedentes ya mencionados y los tiempos calculados en las secciones 5.1 y 5.2. En el caso del consumo eléctrico se categoriza en un valor fuera de servicio de 0,13 MWh y otro con la unidad en servicio de 1,01 MWh. Este último valor corresponde al consumo de la unidad una vez sincronizada y para cualquier estado de carga. En base a ello, y suponiendo consumo constante, se determina que la energía consumida en cada periodo para CT Los Pinos es:

- Periodo I: 39 kWh
- Periodo II: 9,6 kWh
- Periodo III: 46,6 kWh
- Periodo IV:
 - a) Desde potencia nominal a mínimo técnico: 46,6 kWh
 - b) Desde mínimo técnico hasta desconexión: 9,6 kWh
- Periodo V³: 19,5 kWh

² Se consideró que la central se encuentra en estado apagado una vez que la turbina alcanza su velocidad de virado.

6. Conclusiones

El presente Informe Técnico determina los tiempos, energía y combustible consumido durante los procesos de partida y detención de la CT Los Pinos, utilizando como combustible diésel, 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	Combustible Consumido
	minutos	kWh	kg
Partida de CT Los Pinos			
Periodo I	18	39	168
Periodo II	0,57	9,6	53,69
Periodo III	2,77	46,6	896,65
Detención de CT Los Pinos			
Periodo IV (a)	2,77	46,6	896,65
Periodo IV (b)	0,57	9,6	53,69
Periodo V⁴	9	19,5	311,76

Tabla 3: Tabla resumen por periodos para CT Los Pinos.

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

(b) = Periodo referido desde Mínimo Técnico hasta Desconexión

En base a los resultados mostrados en las tablas anteriores, se proponen los siguientes tiempos de partida, de acuerdo a lo definido en el Anexo Técnico:

- Tiempo de Partida: 18,57 minutos

En cuanto al tiempo de detención, se proponen los siguientes:

- Tiempo de Detención: 9,57 minutos

Adicionalmente, cabe mencionar que la CT Los Pinos no cuenta con restricciones para el Tiempo Mínimo de Operación, pudiendo ser desconectada del SEN una vez concluido el proceso de partida.

⁴ Se consideró que la central se encuentra en estado apagado una vez la turbina alcanza su velocidad de virado.

7. Anexos

7.1 Anexo 1 Carta DE03276-18

7.2 Anexo 2 Tasa de toma de carga

7.2 Anexo 3 Tasa de reducción de carga

7.3 Anexo 4 Consumos CT Los Pinos