

INFORME TÉCNICO
PARAMETROS DE PARTIDA Y DETENCION
DE LA PLANTA DE COGENERACION NORACID



AGOSTO 2021

DETERMINACION DE TIEMPOS DE PARTIDA Y DETENCION DE LA PLANTA DE COGENERACION NORACID

El objetivo de este informe es entregar al Coordinador Eléctrico Nacional los Parámetros para los Procesos de Partida y Detención requeridos por la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio en su Anexo Técnico: “Determinación de los Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”, aplicado a NORACID.

1.- Introducción y Antecedentes

NORACID es una empresa industrial que produce ácido sulfúrico, además es Autoprodutor de electricidad que entrega sus excedentes al Sistema Eléctrico Nacional. Además, la planta PAM es una instalación industrial que califica como cogeneración eficiente; por lo tanto, su generación de electricidad está condicionada por el proceso de producción de ácido sulfúrico.

La Unidad Generadora PAM es incluida en el despacho que realiza el Coordinador Eléctrico Nacional como energía de base en términos similares, por ejemplo a una central hidroeléctrica de pasada.

En condiciones de emergencia del Sistema Eléctrico Nacional, y ante un requerimiento del Coordinador Eléctrico Nacional, la planta PAM, puede operar transitoriamente en modo de isla eléctrica.

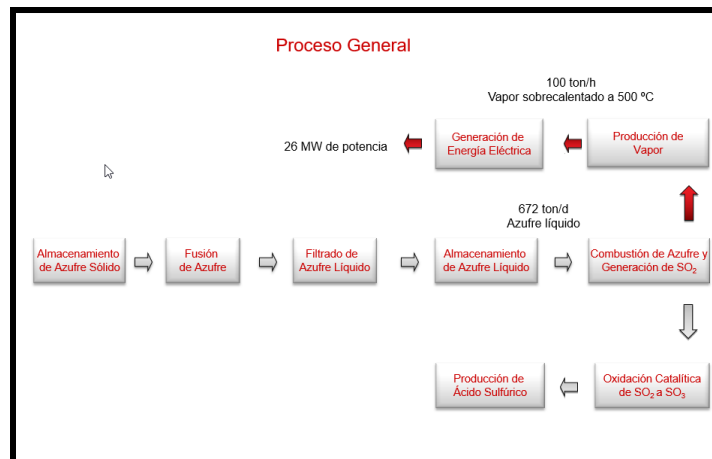
2.- Antecedentes Técnicos del Diseño

El proceso productivo de NORACID está diseñado para producir ácido sulfúrico a partir de la combustión de azufre. El calor generado en la combustión del azufre se utiliza en la producción de energía eléctrica (Unidad Generadora PAM), la cual satisface las necesidades propias de la Planta y entrega el excedente al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Las áreas operativas del proceso productivo de NORACID son las siguientes:

- ◆ Almacenamiento de azufre sólido
- ◆ Fusión, filtrado y almacenamiento de azufre líquido
- ◆ Combustión de azufre y generación de SO₂¹

- ◆ Oxidación catalítica de SO₂ a SO₃
- ◆ Producción de ácido sulfúrico
- ◆ Producción de vapor de baja y alta presión¹
- ◆ Generación de energía eléctrica (Unidad Generadora PAM)¹

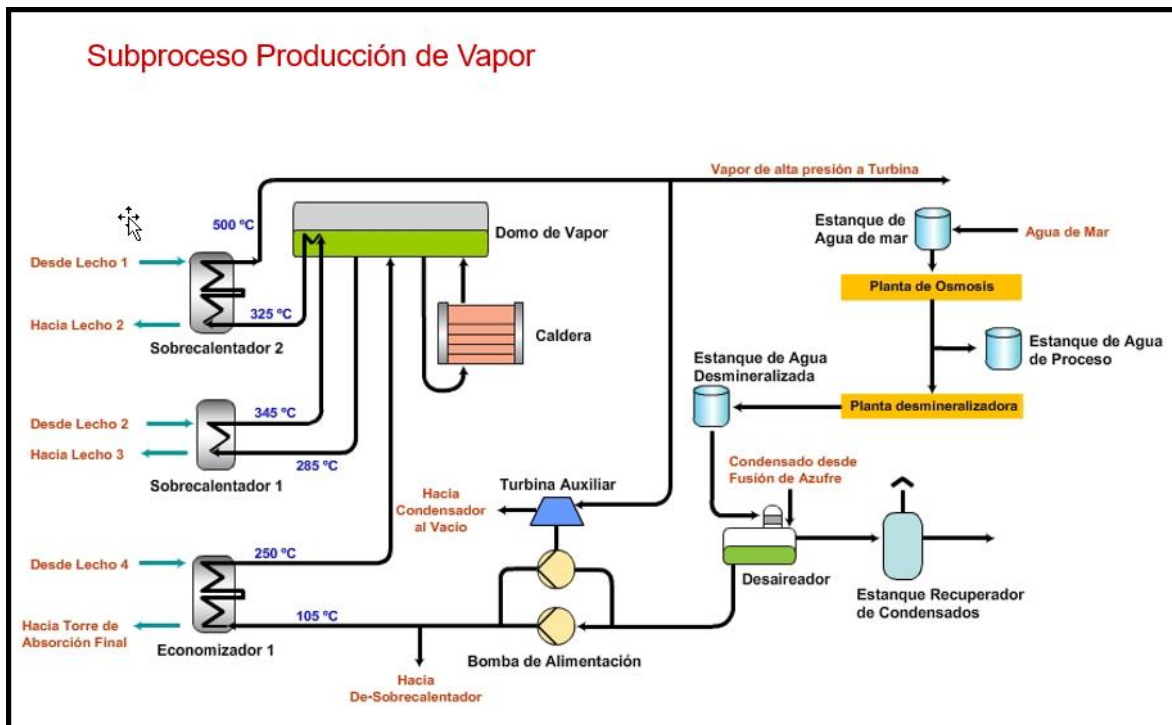


Complementariamente, las instalaciones de NORACID cuentan con la infraestructura necesaria para las operaciones, tales como sistemas de agua de refrigeración, agua de proceso, agua desmineralizada para la caldera, aire de instrumentos y servicios, entre otros.

Etapas de Producción de Vapor de Baja y Alta Presión

El circuito de vapor que emplea el Turbogenerador es el siguiente: El agua desmineralizada y los condensados de retorno ingresan a un equipo desgasificador el cual calienta el agua con vapor para eliminar el oxígeno disuelto. Desde allí el agua de alimentación a la caldera pasa por un equipo denominado Economizador dónde recibe calor de los gases de salida del Lecho N° 4 del Reactor Catalítico.

¹ Área operativa que participa directamente en el proceso de generación de electricidad



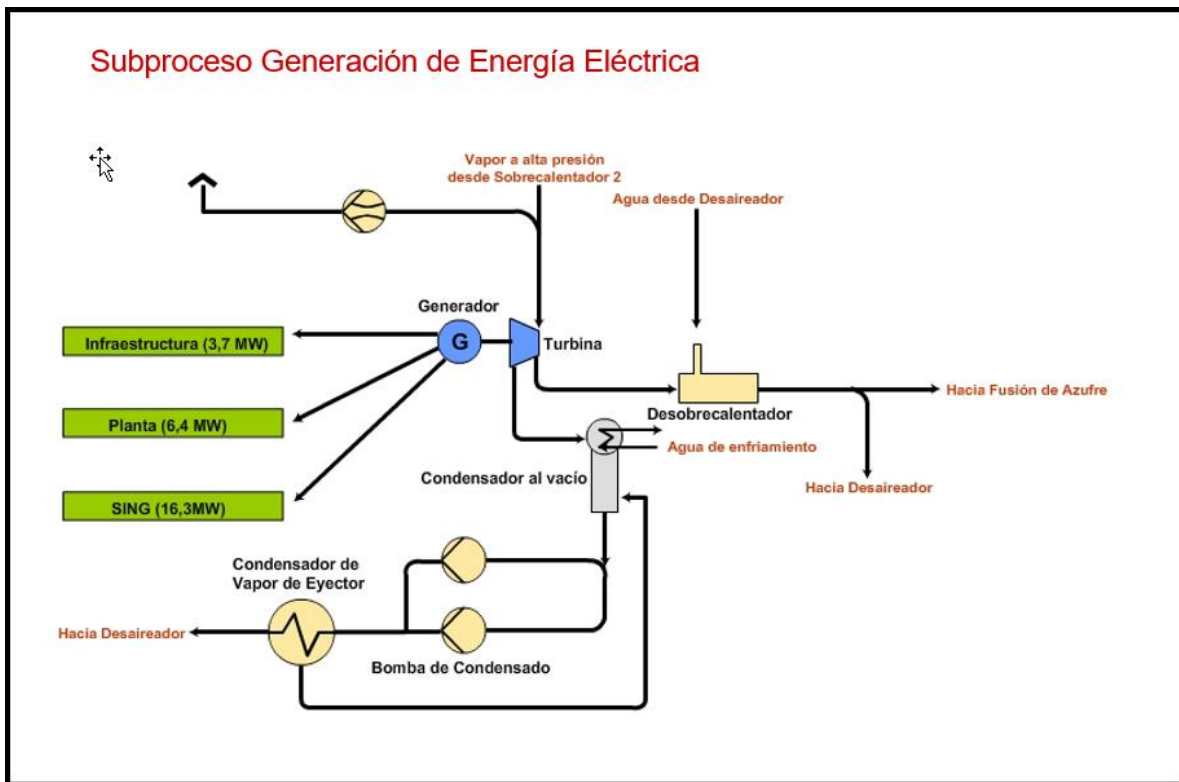
Una parte del vapor generado en la caldera se sobrecalienta en un equipo denominado Sobrecalentador N° 1, el cual utiliza el calor contenido en los gases de salida del Lecho N° 3 del Reactor Catalítico. El vapor recalentado vuelve a la caldera ingresando en la parte inferior del domo de vapor dónde se condensa.

La salida principal de vapor de la caldera tiene lugar desde la parte superior del domo de vapor y canaliza la totalidad del flujo hacia un equipo denominado Sobrecalentador N° 2, el cual utiliza el calor proveniente de los gases de salida del Lecho N° 1 del Reactor Catalítico para sobrecalentar el vapor habilitando en consecuencia su ingreso a la turbina de vapor.

Una fracción del vapor de salida de la turbina se emplea como vapor de baja presión para alimentar los serpentines de fusión y calentamiento del azufre en estado líquido.

Etapas de Generación de Energía Eléctrica

El vapor de alta presión impulsa la turbina, transformando de este modo la energía calórica del vapor en energía mecánica que se transfiere a través de un eje para dar movimiento al generador eléctrico. En éste, la rotación del campo magnético dentro de las bobinas del estator produce la energía eléctrica.



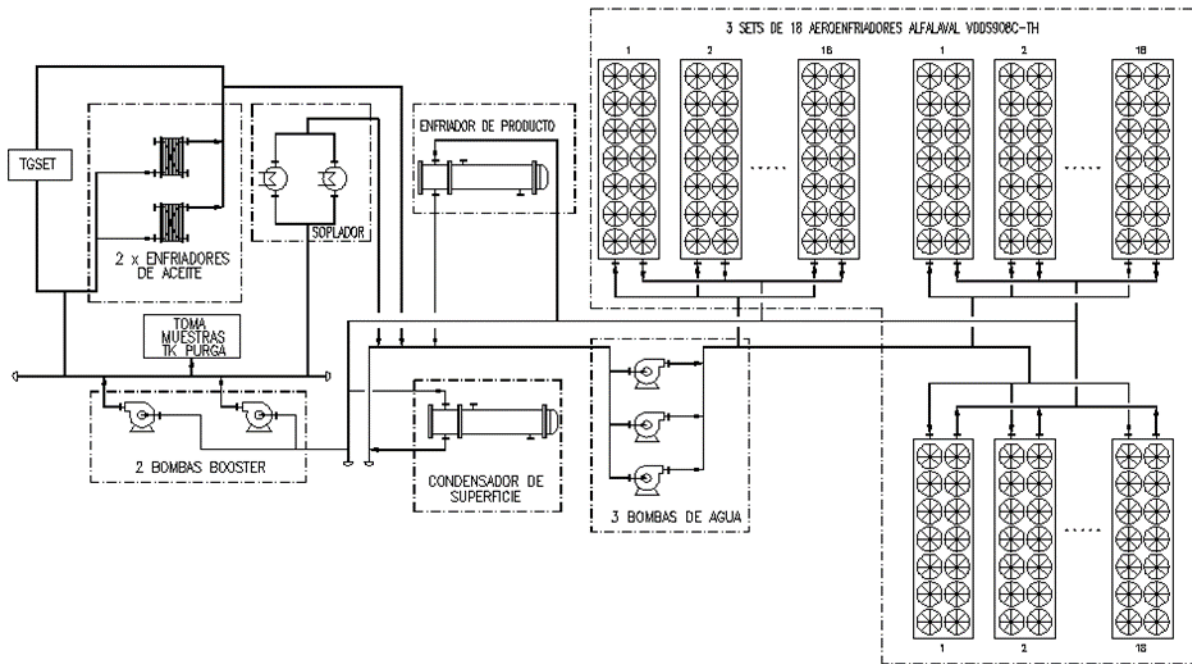
La turbina emplea 100 toneladas de vapor por hora permitiendo obtener alrededor de 26 MW, que se distribuyen aproximadamente de la siguiente manera: 9 MW para alimentar la demanda interna de la Planta Noracid y la diferencia, equivalente a 17 MW, se inyectan al Sistema Eléctrico Nacional.

Sistema de Agua de Enfriamiento

La Planta de ácido sulfúrico cuenta con un sistema de enfriamiento que consiste en un circuito cerrado de agua y aerofriadores (ventiladores) que enfrían esta agua con aire (Loop-1), este sistema es usado para el enfriamiento de los siguientes equipos o sub sistemas:

- Condensador de superficie del turbogenerador
- Enfriamiento del sistema de lubricación Turbina - Generador
- Enfriamiento del ácido producto en Acid-Cooler-3
- Enfriamiento sistema de lubricación soplador

Esto se puede ver en la figura siguiente, donde esquemáticamente se representa el Loop-1.



El sistema de enfriamiento (Loop-1) está compuesto por tres bombas (dos en funcionamiento y una en espera o reserva), 54 módulos de Aeroenfriadores (cada módulo de 16 motores con variador de frecuencia), estanques de expansión e instrumentación asociada.

El sistema de enfriamiento consiste en un circuito cerrado con agua, la cual se refrigera mediante aeroenfriadores. El flujo de agua a través del circuito es de 4.600 m³/h y produce un cambio nominal en la temperatura del agua de 50°C a 38°C.

3. Procesos de Partida y Detención de la planta de ácido.

El proceso de partida de una Unidad Generadora PAM es aquel que permite llevar la unidad desde el estado apagado hasta su condición de operación a mínimo técnico, inyectando energía al SEN² de manera segura y estable. Al término de este proceso, la unidad generadora se considerará en servicio.

El tiempo de partida corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de partida de una unidad generadora, según lo establecido en el párrafo anterior.

Dado que el objetivo de este documento es determinar los tiempos de partida y detención de la unidad de generación eléctrica, para este caso y de acuerdo a lo solicitado se considera que la Planta de Acido Sulfúrico está funcionando, y por lo tanto solo se debe considerar el tiempo de partida de la unidad de generación (TGSET), considerando que los procesos de partida y detención requiere que la planta de ácido sulfúrico esté funcionando.

A continuación, se describen los procesos de partida y detención de la Unidad Generadora PAM.

3.1. Proceso de Partida de la Unidad Generadora PAM

La Unidad Generadora PAM entrará en operación con la Planta de Acido Sulfúrico en servicio, con la producción de vapor suficiente para llevar la unidad a mínimo técnico.

De acuerdo a lo establecido en el Informe de Mínimo Técnico de Central PAM, la potencia mínima del Complejo en condición de Autoproducción que puede despachar/programar al sistema como excedentes de operación, está determinada en función de los consumos propios de la Central que corresponden a 6 [MW]. En esta condición, la potencia excedente mínima disponible para el SEN es de 12 [MW].

² Sistema Eléctrico Nacional

Dado lo anterior, para esta central cogeneradora no aplica indicar los consumos de combustible y energía eléctrica consumida en modo Cogeneración en las siguientes etapas:

- 1) Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización
- 2) Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.
- 3) Desde la operación a Mínimo Técnico hasta alcanzar la potencia nominal 12 [MW] de excedente o 18 MW de generación bruta de la unidad.

Considerando lo anterior solo se deben considerar 2 condiciones de partida la unidad de generación:

Partida Fría: Se considera partida fría cuando el turbogenerador ha estado fuera de servicio por más de 72 horas y la temperatura de la junta horizontal de la turbina es inferior a 250°C (la temperatura de la junta horizontal es prioritaria). Este proceso comprende los siguientes subprocesos:

- 1.- Calentamiento de la turbina a vapor,
- 2.- Sincronización y
- 3.- Toma de carga hasta mínimo técnico.

Este proceso toma un tiempo de 74 minutos.

Parámetro Técnico	Unidad	1.- Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización	2.- Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.	3.- Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal.
a) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida	GN [Nm ³] D-FO [ton] O [ton]	N/A ³	N/A ²	N/A ²
b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida	[kWh]	N/A ⁴	N/A ³	N/A ³
c) Tiempo requerido para el proceso de partida	[min]	24	50	60

³ No se considera la utilización de combustible en el proceso de partida, dado que al ser un proceso de Autoproducción utilizada el vapor generado en el Proceso de la Planta de Ácido Sulfúrico, el cual es inyectado en el Turbogenerador para el proceso de generación de energía eléctrica.

⁴ El consumo de energía es independiente del funcionamiento de la Turbina, esto debido a que los equipos de auxiliares a la Turbina (Lubricación, enfriamiento, etc.) operan en forma independiente al funcionamiento de la Turbina. Estos equipos deben estar siempre operando para mantener la condición operacional de la Planta.

Partida Caliente: se considera partida caliente cuando el turbogenerador ha estado fuera de servicio por menos de 12 horas; además, la temperatura de la junta horizontal de la turbina es superior a 350°C (la temperatura de la junta horizontal es prioritaria). Este proceso comprende los siguientes subprocesos:

- 1.- Calentamiento de la turbina a vapor,
- 2.- Sincronización y
- 3.- Toma de carga hasta mínimo técnico.

Este proceso tomo un tiempo de 20 minutos.

Parámetro Técnico	Unidad	1.- Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización.	2.- Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.	3.- Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal.
a) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida	GN [Nm3] D-FO [ton] O [ton]	N/A ⁵	N/A ⁴	N/A ⁴
b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida	[kWh]	N/A ⁶	N/A ⁵	N/A ⁵
c) Tiempo requerido para el proceso de partida	[min]	10	10	10

3.2. Proceso de Detención de la Unidad Generadora PAM

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

⁵ No se considera la utilización de combustible en el proceso de partida, dado que al ser un proceso de Autoproducción utilizada el vapor generado en el Proceso de la Planta de Ácido Sulfúrico, el cual es inyectado en el Turbogenerador para el proceso de generación de energía eléctrica.

⁶ El consumo de energía es independiente del funcionamiento de la Turbina, esto debido a que los equipos de auxiliares a la Turbina (Lubricación, enfriamiento, etc.) operan en forma independiente al funcionamiento de la Turbina. Estos equipos deben estar siempre operando para mantener la condición operacional de la Planta.

definidos por la Empresa Generadora, hasta llegar a detener por completo los procesos térmicos y alcanzar su estado apagado.

La detención de la Unidad Generadora PAM sigue las siguientes fases, según la definición anterior:

- 1) Disminución de generación desde Máxima Potencia o Potencia Nóminal hasta Mínimo Técnico, este proceso demora 4 minutos.
- 2) Disminución de generación desde Mínimo Técnico hasta la desconexión del turbogenerador, este proceso demora 4 minutos.

Adicionalmente, el tiempo mínimo de operación (TMO) que corresponde al tiempo antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida, dado que la Central PAM no requiere de ningún proceso de estabilización, es de 0 [min]

Por su parte, el tiempo mínimo de detención (TMD), que corresponde al tiempo requerido antes de poder iniciar un nuevo proceso de partida, una vez concluido un proceso de detención programado, es de 0 [min]

Parámetro Técnico	Unidad	1.- Desde la operación a potencia nominal hasta la operación a Mínimo Técnico.	2.- Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la desconexión del generador.	3.- Desde la desconexión del generador hasta la entrada de la turbina en virado (velocidad cero - entrada a virado).	4.- Desde detención a apagado final (desde inicio de virado hasta su finalización)
a) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención	GN [Nm3] D-FO [ton] O [ton]	N/A ⁷	N/A ⁶	N/A ⁶	N/A ⁶
b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención	[kWh]	N/A ⁸	N/A ⁷		
c) Tiempo requerido para el proceso de detención	[min]	4	4	12	
d) Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida	[min]	N/A	N/A	N/A	N/A ⁹

⁷ No se considera la utilización de combustible en el proceso de partida, dado que al ser un proceso de Autoproducción utilizada el vapor generado en el Proceso de la Planta de Ácido Sulfúrico, el cual es inyectado en el Turbogenerador para el proceso de generación de energía eléctrica.

⁸ El consumo de energía es independiente del funcionamiento de la Turbina, esto debido a que los equipos de auxiliares a la Turbina (Lubricación, enfriamiento, etc.) operan en forma independiente al funcionamiento de la Turbina. Estos equipos deben estar siempre operando para mantener la condición operacional de la Planta.

⁹ Se debe considerar que el funcionamiento de la Turbina depende del funcionamiento de la Planta de Ácido Sulfúrico, para el caso en que se detenga la Turbina debe entrar en operación el Bypass de vapor, este proceso requiere que la Turbina se mantenga en Giro lento.

4.- Conclusión

La planta NORACID es una Unidad Generadora del tipo Cogeneración que utiliza el calor residual del proceso de producción de ácido sulfúrico; por lo cual, no utiliza combustible para producir los excedentes de energía y potencia que inyecta al SEN, ni durante el proceso de puesta en marcha luego de una detención de la planta ni durante el proceso de detención normal para efectuar mantenimientos.

Por su parte, respecto del tiempo de partida y detención de la Unidad Generadora PAM, que el CEN ha de tener en consideración para elaborar el programa de operación, se debe tener presente que el proceso de producción de ácido es continuo, por lo que la planta no prevé detenciones programadas, sino hasta el siguiente período de mantenimiento mayor. Por lo tanto, los tiempos de partida y detención en condiciones de operación normal, son los que se indican en las dos tablas del numeral 3.1 Proceso de partida, anterior y en la tabla del numeral 3.2 Proceso de detención, anterior.