

TIPO : INFORME

AUTOR : Franz Tiemann

ÁREA : UNG U16

***Informe de Mínimo Técnico de la U16  
operando en Ciclo Combinado con Diésel***

## 1.- Introducción

Engie Energía Chile S.A. se alinea con el nuevo escenario energético nacional donde el alto nivel de penetración de ERNC requiere una mayor flexibilidad de las unidades, especialmente de los ciclos combinados, existiendo además la necesidad de cumplir con lo establecido en el Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos de Unidades Generadoras”

El objetivo del presente informe es determinar, informar y actualizar el valor de mínimo técnico de la U16 operando en Ciclo Combinado con diésel.

## 2.- Resumen ejecutivo

El Mínimo Técnico (MT) propuesto de la U16 operando en Ciclo Cerrado con Diésel es de 145 MW brutos. A dicho nivel de carga, las emisiones ambientales cumplen con lo establecido en la Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas por lo que la limitación para operar de manera estable y segura a menores valores de potencia va por el lado técnico, no ambiental.

La reducción del MT anterior (178 MW) fue posible gracias a la modificación de los ajustes de la filosofía operacional de la unidad implementada en diciembre de 2020 por General Electric luego del mantenimiento mayor realizado en dicha oportunidad. El ajuste de la filosofía se realiza considerando parámetros tanto ambientales como técnicos. En este sentido, se consideran los rangos operacionales necesarios para evitar pulsaciones, vibraciones, stress, sobre temperaturas y otros.

Por otro lado, se informa que el aporte al Control Primario de Frecuencia (CPF) operando con diésel es de 14 MW, razón por la cual el MT con el CPF activado es de 159 MW (es decir 145 MW + 14 MW de aporte).



### 3.- Datos técnicos de la unidad

La siguiente información es válida para la turbina de gas Alstom GT26 del tren motriz mono eje TOCOPILLA KA26-1 SSPT, que consta de una turbina de gas, un generador refrigerado por hidrógeno y una turbina de vapor combinados en una disposición de interiores mono eje. La turbina de gas está totalmente equipada para el funcionamiento dual con dos combustibles, gas natural y diésel combinado con inyección de agua para control de las emisiones de NOx.

#### **Central:**

- Tipo : Unidad Ciclo Combinado
- Configuración : Abierto (TG) – Cerrado (TG+TV).
- Combustibles : Combustible Gas Natural / Diésel
- Tensión Nominal : 21 KV.

#### **Turbina Gas:**

- Fabricante : ABB / ALSTOM
- Modelo : GT-26
- Tipo : GT-26B

#### **Turbina Vapor:**

- Fabricante : ABB/ALSTOM
- Modelo : DKYZ2-IN41BA
- Tipo : Condensación

#### **Sistema de Control:**

- Sistema De Control : ADVANT / TURBOTROL 8C

#### **Sistema de Eléctrico:**

- Transformador Elevador : 21 / 220 KV - 500 MVA (ONAF).
- Generador TG : 21 KV – 500 MVA.
- Auxiliar Media/Baja Tensión : 6.1 KV / 400 V

### 3.1.- Operación en ciclo combinado con diésel.

La operación con diésel es similar a la operación con gas natural a excepción de que el concepto LPL (Low Part Load) no puede utilizarse con diésel. El concepto LPL implementado en la unidad 16 en el año 2015 es sólo para combustible gas, lo que ocasiona que el MT con gas natural sea menor (110 MW).

En el diagrama esquemático de la Figura 1 se define la mínima carga a la que la TAT LPT alcanza su límite estable. En la Figura 3, se muestra el Concepto de Operación con diésel que establece que la temperatura de operación estable después de la TG LP es de 615°C (TAT2) determinando el MT de la unidad con diésel.



## 3.2 Concepto mecánico de la turbina de gas

A continuación, se incluye una breve descripción de los principales componentes del bloque de la turbina de gas:

- Sistema de admisión de aire de 2 etapas: Formado por un separador de humedad, un prefiltro y un filtro fino; incluye aletas de derivación y silenciadores.
- Sistema anticongelación: El aire que sale del compresor precalienta el aire de admisión en condiciones de tiempo frío y húmedo para impedir que se congelen el VIGV (álabe guía de admisión variable) y las primeras tapas del compresor.
- Bloque térmico, formado por:
  - Compresor subsónico axial de 22 etapas con tres álabes guía variables.
  - Dos combustores anulares con 24 quemadores ambientales (EV) y 24 quemadores secuenciales (SEV).
  - Una turbina de alta presión (HPT) de 1 etapa (álabe y paleta refrigerados por aire).
  - Turbina de baja presión (LPT) de cuatro etapas (álabes y paletas refrigerados por aire).
  - Sistema de aire de refrigeración y de sellado.
- El sistema de descarga del compresor inyecta el aire de purgado procedente de las 3 etapas de compresor en el escape.
- Conducto de escape hacia el generador de vapor termorre recuperador (HRSG)
- Bloque de gas combustible con los equipos de desconexión principal del gas combustible, filtrado y descarga de gas combustible. Proporciona el gas combustible al bloque de válvulas de control.
- Bloque de fueloil con una bomba de alta presión de fueloil que a su vez incluye el equipo para el cierre principal del fueloil, los filtros y el retorno del fueloil. Proporciona el fueloil al bloque de la válvula de control.
- Bloque de agua para la reducción de NOx con una bomba de alta presión de agua desmineralizada que a su vez incluye los dispositivos para el cierre principal y el retorno del agua para la reducción de NOx. Proporciona agua para la reducción de NOx al bloque de la válvula de control para el modo de alimentación con fueloil. El bloque también proporciona el agua presurizada para el procedimiento de purgado del quemador después del modo de funcionamiento con fueloil.

### 3.2.1 Preparación para el giro

Durante los períodos de reposo, la turbina de gas permanece lista para su arranque, excepto cuando se están llevando a cabo tareas de mantenimiento. Para mantener la turbina de gas en el mejor estado posible de disponibilidad, un termostato controla el precalentamiento del aceite de lubricación y el generador.

Para poder iniciar el arranque, antes deben comprobarse los criterios de activación del arranque (no puede haber una señal de protección activada, el SFC debe estar disponible, la válvula de combustible debe estar cerrada, el sistema de encendido DESCONECTADO, etc.). Si se cumplen estos criterios, la turbina de gas se puede arrancar.

La secuencia de arranque comienza con la puesta en marcha de los sistemas (aceite lubricación, aceite



de accionamiento, refrigeración del generador, unidad de desconexión hidráulica, etc.), la comprobación del funcionamiento de los sistemas y el ajuste de las válvulas (válvulas de descarga, válvula de control del combustible, válvula de drenaje/descarga, válvula de desconexión, válvulas del sistema de encendido, etc.).

Cuando las señales de respuesta muestran una presión de aceite suficiente, con todas las válvulas y VIGV en la posición correcta, el SFC se conecta y comienza la aceleración. Los VIGV están en la posición de arranque.

### **3.2.2 Purgado**

La central de ciclo combinado debe purgarse en todos los arranques.

Para el purgado, la turbina de gas debe acelerarse hasta la velocidad de purgado y mantenerse en esta velocidad durante el tiempo de purgado para eliminar todo el combustible del sistema de escape (HRSG). El tiempo de purgado depende del flujo másico de la turbina de gas, el volumen de purgado y las regulaciones nacionales.

Durante el purgado, las válvulas de descarga están abiertas. Los VIGV siguen en la posición de arranque de los VIGV.

### **3.2.3 Encendido del gas**

La válvula de control piloto del EV se ajusta a la carrera de encendido. Una vez concluida la fase de purgado, el SFC pasará a la potencia máx. de SFC y la turbina de gas se acelerará hasta alcanzar la velocidad de encendido.

Cuando la velocidad del rotor alcanza la velocidad de encendido, se encienden los sopletes de propano. Tan pronto como se detecta la llama al menos en un soplete, la válvula de descarga de combustible se cierra y se abre la válvula de desconexión, que llena de gas el sistema de distribución del combustible y el quemador. Al cabo de unos segundos de activarse el encendido, la llama del soplete enciende los quemadores EV. Después del encendido y de alcanzarse condiciones de llama estable, el suministro de combustible a los sopletes se cierra y la turbina de gas se acelera con gas natural.

### **3.2.4 Aceleración hasta la velocidad de marcha en vacío**

La aceleración del rotor se controla mediante el controlador de arranque. Cuando aumenta la velocidad del rotor se cierran las válvulas de descarga y se abren los VIGV hasta la posición de marcha en vacío de los VIGV.

Al llegar aproximadamente a la velocidad de automantenimiento, se alcanza el equilibrio de potencia del eje. La potencia del SFC se reduce cuando el rotor excede la velocidad de reducción de potencia del SFC. A la velocidad de desconexión del SFC, éste se desconecta y la turbina de gas continúa acelerándose con el excedente de potencia de las turbinas.

El controlador de velocidad sustituirá al controlador de arranque al alcanzarse la velocidad mínima de control, con el objeto de asegurar una transición suave desde la fase de aceleración del rotor hasta la velocidad de marcha en vacío a velocidad nominal.



### 3.2.5 Sincronización y carga mínima

Cuando se alcanza la velocidad de excitación, la excitación se activa y comienza a acumularse tensión del generador. La velocidad del rotor se ajusta a un valor ligeramente superior al de la velocidad nominal. Durante la sincronización, los impulsos emitidos por el dispositivo de sincronización permiten alcanzar la velocidad de referencia del control de la velocidad hasta que la relación entre frecuencia y fase del grupo de la turbina se corresponda con la de la red eléctrica. Llegado ese momento, el generador se conecta a la red eléctrica.

El controlador de carga cargará la unidad hasta la carga mínima para evitar que el relé de protección contra potencia inversa vuelva a abrir el disyuntor del generador y para cubrir el consumo auxiliar de la central térmica. La secuencia de arranque estará ahora concluida y comenzará la carga normal.

### 3.3 Definición TIT1-TAT1-TIT2-TAT2

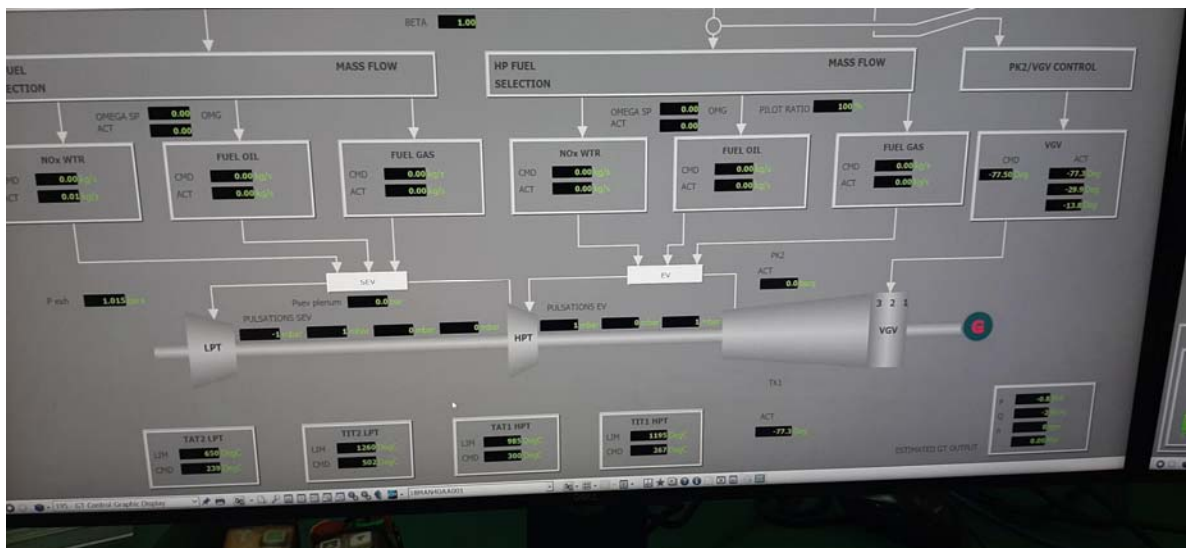


Fig 1. Descripción parámetros turbina a gas.

TIT1 HPT: Temperatura antes de la etapa de la rueda de alta presión (cámara de combustión EV)

TAT1 HPT: Temperatura después de la rueda de alta presión

TIT2 LPT: Temperatura antes de las etapas de las ruedas de baja presión (cámara de combustión SEV)

TAT2LPT: Temperatura después de las etapas de las ruedas de baja presión. (Es la temperatura de los gases que van a la caldera de recuperación de calor)

Nota: Los valores de los límites en la figura corresponden a combustible gas, los valores para combustible Diesel están indicados en el OPC Diesel (concepto de operación con fueloil).

### 3.4 Carga normal

La turbina de gas arranca en el modo de control de carga con el gradiente de carga normal. El gradiente se define respecto a la tensión térmica en las paletas, los álabes, el rotor y la carcasa de la turbina.

En el funcionamiento del ciclo combinado se definen puntos de espera para conseguir una calidad adecuada del vapor y calentar la turbina de vapor según el correspondiente concepto de funcionamiento de la central.

El proceso de carga desde el funcionamiento con carga mínima al funcionamiento con carga fundamental se puede dividir en las siguientes fases:

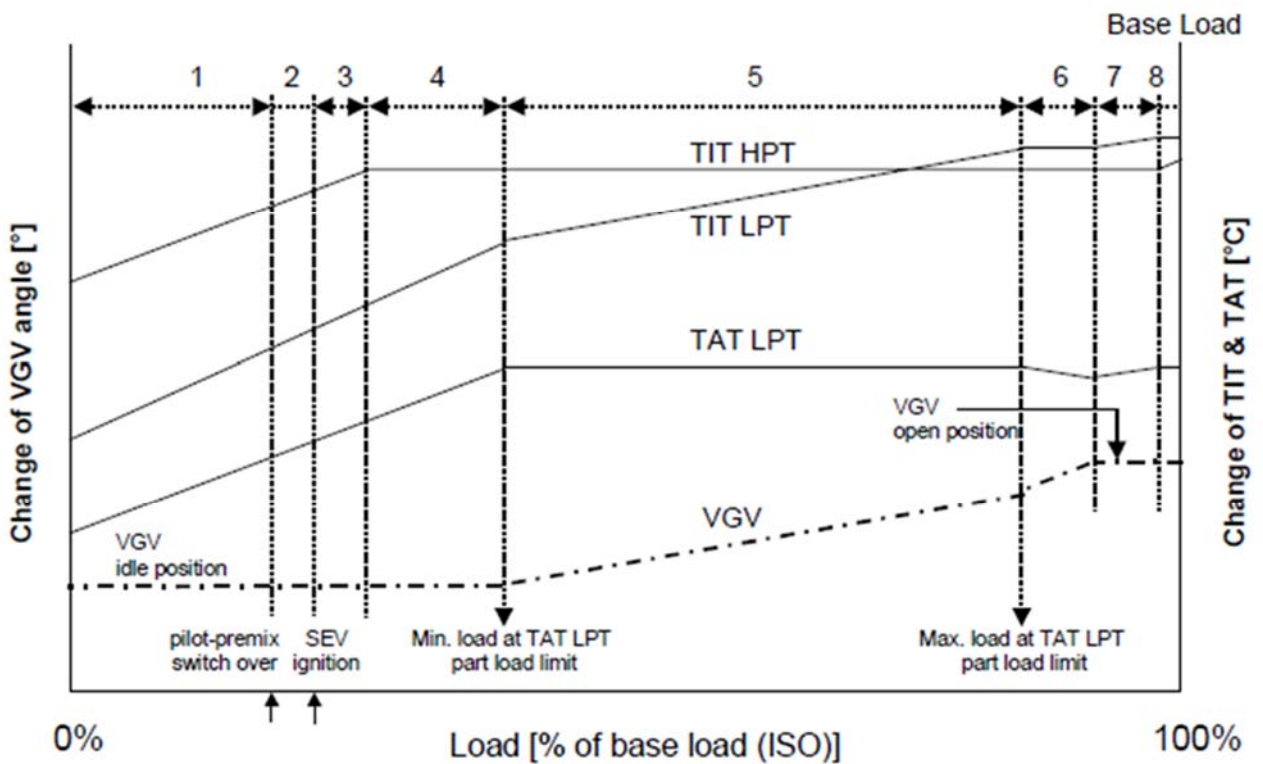


Fig. 2: Diagrama esquemático de cargas

En la Fig. 2 se presenta un diagrama de carga con los distintos pasos desde *carga mínima* a carga base. La carga se ilustra para condiciones ISO. A temperaturas ambiente elevadas, el VGV empieza a abrirse con cargas menores y el límite de TAT2 está activo más tiempo. A temperaturas altas extremas no se

alcanzará el límite de TIT2 para carga parcial. Dado el mayor flujo y el aumento de la relación entre presiones cuando el ambiente es frío, el VGV empieza a abrirse a cargas mayores y el límite de TIT2 se alcanza antes. Cuando se alcanza el límite de potencia del generador, la máquina funcionará con el punto más alto posible de carga parcial según el concepto de funcionamiento.

Fase 1:

La carga aumenta desde la *carga mínima* con el flujo de combustible piloto hasta que la TAT1 alcanza el valor de umbral de cambio de piloto a premezcla.

#### Fase 2:

El quemador EV pasa a funcionamiento de premezcla y vuelve a incrementarse la TIT1. Cuando la TAT1 alcanza el valor de umbral de encendido del SEV y el quemador EV está en funcionamiento de premezcla, la válvula de control de combustible del SEV se abre hasta la carrera de encendido y el combustor SEV se encenderá con el flujo de combustible mínimo.

#### Fase 3:

La TIT1 se aumenta aún más, hasta alcanzar la TIT1 de carga parcial y, a partir de este punto, se controla para que sea constante.

#### Fase 4:

La TIT2 se aumenta con el quemador SEV hasta que la TAT2 alcanza el límite de carga parcial TAT2 aproximadamente al 40% de la carga.

#### Fase 5:

Se abren los VIGV para aumentar el flujo y la potencia de la turbina de gas. TIT1 y TAT2 permanecen constantes, pero TIT2 aumenta.

#### Fase 6:

La TIT2 alcanza la TIT2 de carga parcial y se controla para que se mantenga constante. Una mayor abertura de los VIGV aumenta la potencia de la turbina de gas, pero reduce la TAT2 debido a la mayor carga de la turbina de baja presión.

En temperaturas ambiente altas, el valor TAT2 puede incrementarse por encima del límite de carga parcial TAT2. Por lo tanto, el límite de TAT2 está fijado en el límite de carga fundamental TAT2 si TIT1 y TIT2 se encuentran en el máximo nivel de carga parcial.

#### Fase 7:

Los VIGV se encuentran en la posición de apertura de VIGV. El valor de TIT2 aumenta hasta alcanzar la TIT2 de carga fundamental.

#### Fase 8:

El valor de TIT1 aumenta hasta alcanzar la TIT1 de carga fundamental.

El concepto de funcionamiento a carga parcial ha sido diseñado por las siguientes razones principales:

- a) Que la temperatura de EV se incremente con la mayor rapidez posible para cambiar al funcionamiento con premezcla de bajas emisiones.
- b) Que la temperatura de escape se incremente lo más rápido posible para mejorar la eficacia del ciclo combinado.
- c) Que las temperaturas de admisión de la turbina bajen durante la carga parcial para prolongar la vida





útil de la turbina.

### **3.5 Carga parcial**

El funcionamiento a carga parcial es un punto de funcionamiento de estado estable entre la carga mínima y la carga fundamental.

La carga parcial está limitada por las temperaturas del gas TIT1 de carga parcial, TIT2 de carga parcial y TAT2 de límite de carga parcial.

No es posible el funcionamiento dentro de la banda de carga del cambio piloto a premezcla. Si se exige una carga de la banda excluida, el punto de reglaje de la carga cambiará 1% por debajo o por encima del intervalo peligroso.

Para una alta eficiencia del bloque a carga parcial GT, el VGV y el control de flujo de combustible mantienen la temperatura de escape de la turbina a un nivel máximo (TAT2 615 °C para operación con diesel). Por debajo del 40% de carga GT, la temperatura de escape comienza a disminuir seguida de una disminución de la temperatura del vapor vivo. Los valores de emisión a carga parcial GT deben compararse con las regulaciones de la autoridad.

La producción de la planta se define por el valor de carga preestablecido proporcionado por el operador / despachador de carga. Según este punto de ajuste de carga, la salida de la planta se controla mediante el control de carga de la turbina de gas.

El ciclo de agua – vapor incluyendo la turbina de vapor está diseñada para una operación de presión de deslizamiento fijo. Durante la operación de estado estable en el rango de carga superior, las válvulas de entrada ST permanecen completamente abiertas y se permite que la presión del vapor vivo se deslice. En el rango de carga inferior, la presión del vapor vivo se mantiene constante mediante el control de las válvulas de entrada ST o las válvulas de derivación.

La carga está limitada a una temperatura mínima de TAT2 de 600 ° C (aproximadamente 30% de carga GT) siempre que la turbina de vapor esté en funcionamiento. Esto se realiza para evitar un enfriamiento excesivo del rotor ST.

### **3.6 Procedimientos adicionales para funcionamiento con fueloil**

En este apartado sólo se describen las diferencias respecto al funcionamiento con gas combustible.

La turbina GT26 está diseñada para el funcionamiento con gas combustible y fueloil con agua para la reducción de NOx. El agua para la reducción de NOx para el quemador EV y SEV es necesaria para reducir las emisiones y evitar vibraciones.

En el funcionamiento con fueloil, las tuberías de gas del EV y SEV se purgan con aire. También debe inyectarse agua para reducción de NOx en el SEV para evitar que la llama retroceda.

Las horas de funcionamiento con fueloil se cuentan independientemente en el contador de datos de funcionamiento (ODC).

#### **3.6.1 Arranque**



### 3.6.1.1 Preparación para el encendido

Además de los criterios de activación del arranque para el gas combustible, se comprueba la presión de las bombas de inyección y el nivel de descarga de fueloil y el depósito de combustible. Después se arrancan las bombas de aceite y de agua, y se llenan los acumuladores de agua.

### 3.6.1.2 Encendido del combustible

El propano es necesario para alimentar los sopletes de encendido. Al comenzar el procedimiento de encendido, el FDS se llena abriendo las válvulas de cierre con las *válvulas* de sector cerradas. La válvula de control de gas combustible EV se ajusta a la carrera de encendido y las válvulas de sector se abren para el encendido. La válvula de control del combustible permanece en la carrera de encendido durante el *tiempo de carrera de encendido* y después se controla conforme a un programa de la TAT1.

### 3.6.1.3 Aceleración para marcha en vacío y carga mínima

La aceleración para marcha en vacío y carga mínima es equivalente al funcionamiento con gas combustible, con la excepción de la inyección de agua al combustor EV que empieza a la *velocidad de inyección de agua para la reducción de NOx*.

## 3.6.2 Funcionamiento con carga

### 3.6.2.1 Funcionamiento con fueloil

El funcionamiento con carga con fueloil es similar al funcionamiento con carga con gas combustible. Para los combustibles líquidos se reducen las temperaturas de entrada de la turbina, porque la radiación de una llama de fueloil es mayor que la de una llama de gas natural y el coeficiente de transferencia de calor externo aumenta al incrementarse el flujo de agua para la reducción de NOx. La TIT1 para carga parcial y fundamental disminuye por *reducción de fueloil TIT1* y la TIT2 para carga parcial y fundamental se reduce por *reducción de fueloil TIT2*. El límite de carga fundamental TAT2 se reduce por *reducción de fueloil TAT2*. El quemador SEV se inflama en el *valor* de umbral para encendido del combustible SEV. Poco después se abre la válvula de combustible SEV y se establece el flujo de agua para la reducción de NOx SEV. Las medidas de temperatura TIT1-TAT1-TIT2-TAT2 están definidas en el concepto de operación entregado por el fabricante con los ajustes realizados en diciembre 2020 que se muestra en la Fig.4

### 3.6.2.2 Control de la carga

La turbina de gas funciona con una carga preestablecida. El controlador ajusta indirectamente los VIGV y los flujos de combustible controlando la TIT, TAT o la presión de salida del compresor, según el concepto de funcionamiento (véase la sección 2.2). La potencia permanece constante en condiciones ambientales variables mientras no se alcancen los límites de temperatura o de carga.

### 3.6.2.1 Control de la respuesta de frecuencia

Cuando el modo de respuesta de frecuencia está activado, la turbina de gas mantiene automáticamente la estabilidad de la frecuencia de la red eléctrica. Cuando se reduce la frecuencia neta, se controla la potencia de la turbina de gas para que aumente y viceversa. La gama de servicio de la respuesta de frecuencia está limitada dentro de la potencia relativa de los valores de *carga mínima de RF* y *carga máxima de RF*.



Se utiliza una banda inactiva para suprimir las fluctuaciones de potencia innecesarias de la turbina de gas. La banda inactiva está normalmente definida por el código de la red y puede fijarse entre cero (no hay banda inactiva) y *banda inactiva máxima*. Si la desviación de frecuencia de la red supera los límites definidos para la banda inactiva, la turbina de gas se carga/descarga según la característica estándar de variación inversa que se indica en el anexo 6. Los límites de funcionamiento estándar de la turbina de gas tienen prioridad.

La respuesta de potencia en estado estable de la turbina de gas (o corrección de potencia) se calcula en línea a partir de la variación inversa de la turbina de gas y de la desviación de la frecuencia medida en la red eléctrica. La variación puede ajustarse a *variación mínima*. Se presupone que la turbina de vapor no puede afectar a la respuesta de frecuencia.

La velocidad de carga/descarga de la turbina de gas durante el modo de respuesta de frecuencia está limitada al *gradiente de carga/descarga de la frecuencia*.

La respuesta de frecuencia influye considerablemente en el consumo y debe tenerse en cuenta para el cálculo de las EOH. La frecuencia de respuesta debe seleccionarse manualmente, pero no está activa durante ninguna descarga de protección.

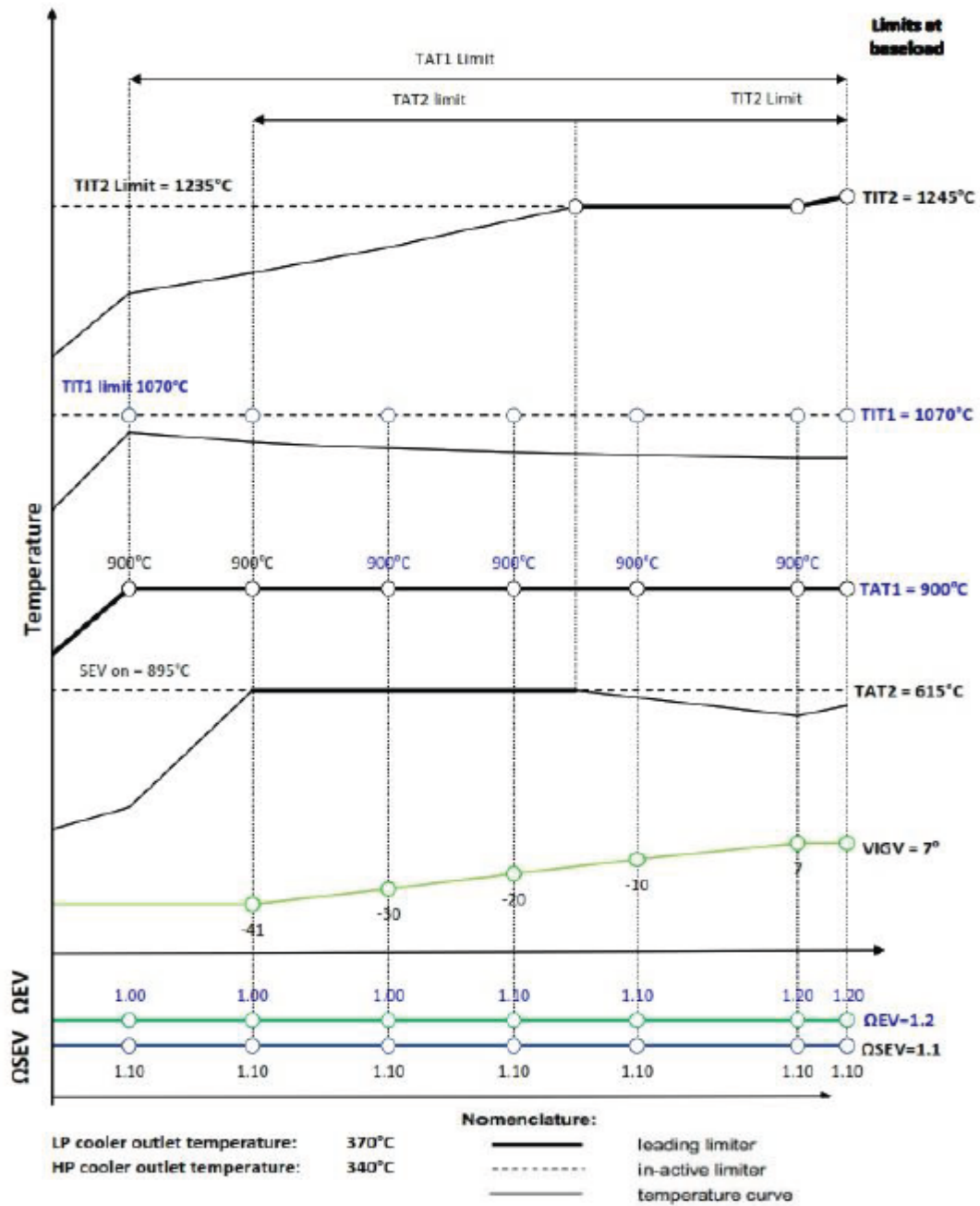
### 3.6.2.3 Control del Limitador de temperatura.

#### Limitador de temperatura TIT:

En la gama de carga fundamental, la turbina de gas funciona con TIT1 y TIT2 predefinidas. La potencia de salida de la turbina de gas cambiará en función de las condiciones ambientales. Normalmente, el ajuste de la TIT se corresponderá con la TIT1 del nivel de carga fundamental y la TIT2 del nivel de carga fundamental. La temperatura de admisión de la turbina de alta presión (TIT1) se calcula a partir de la medición de la temperatura del gas de escape de la turbina de alta presión (TAT1), la temperatura ambiente y la relación entre presiones de la turbina de alta presión. La TAT1 se determina mediante una medición delante de la cámara de combustión SEV. La temperatura de admisión de la turbina de baja presión (TIT2) se calcula a partir de la medición de la temperatura del gas de escape de la turbina de baja presión (TAT2), la temperatura ambiente y la relación entre presiones de la turbina de baja presión.

Limitador de temperatura TAT: La temperatura del gas de escape (TAT2) puede alcanzar su valor máximo (TAT2 de límite de carga fundamental o TAT2 de límite de carga parcial) en función de las condiciones ambientales y de la carga de la turbina de gas. A partir de este punto, el sistema EGATROL regula la carrera de la válvula de control de combustible del SEV y la posición del ángulo de los VGV, manteniendo la TAT2 constante en este nivel. La temperatura TAT2 se determina mediante las mediciones efectuadas por los termopares instalados en el difusor de gases de escape de la turbina.

## 1.2 Fuel Oil Operation



### OPC Fuel Oil Dec2020

Figura 4: Concepto de operación Fuel Oil U16 Diciembre 2020.

## **4.- Generalidades**

### **4.1.- Mínimo técnico y control de frecuencia**

El Artículo 4º del Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos de Unidades Generadoras” indica que el valor de MT está asociado a la potencia bruta mínima a la cual la unidad puede operar de manera permanente, segura y estable.

Se utiliza el término Potencia Mínima de Despacho, que corresponde a la potencia mínima a la cual una unidad generadora puede ser despachada haciendo CPF, siendo este igual al MT más el aporte que tiene declarada la unidad para hacer el mencionado control, esto siguiendo la metodología del Coordinador Eléctrico Nacional adoptada en declaraciones similares de otras unidades del parque generador. Por lo tanto, se concluye que la unidad puede hacer CPF para potencias mayores o iguales a la Potencia Mínima de Despacho según la definición indicada.

Con respecto a la prestación del Control Secundario de Frecuencia (CSF), la unidad operando al mínimo técnico puede ejercerlo en la medida en que esta acción esté asociada a corregir un evento de sub-frecuencia en el Sistema Interconectado.

### **4.2.- Comportamiento de parámetros operaciones**

Para la comprobación del nuevo Mínimo Técnico se debe de asegurar que la operación a este nivel de carga se encuentre en condiciones operacionales seguras y estables, por lo tanto, se comprobará el cumplimiento de los estándares internacionales, recomendaciones de fabricante y normas locales para todos los niveles de carga estudiados.

Mantener los parámetros principales en variaciones menores a las expuestas en la norma asegura la estabilidad del sistema a la menor potencia, por esto se hicieron pruebas iterativas controlando los parámetros.

## 5.- Resultados de la prueba en ciclo combinado

Los datos expuestos a continuación corresponden a pruebas CEN y PMA realizadas el día 20 de febrero 2021 operando con diésel:

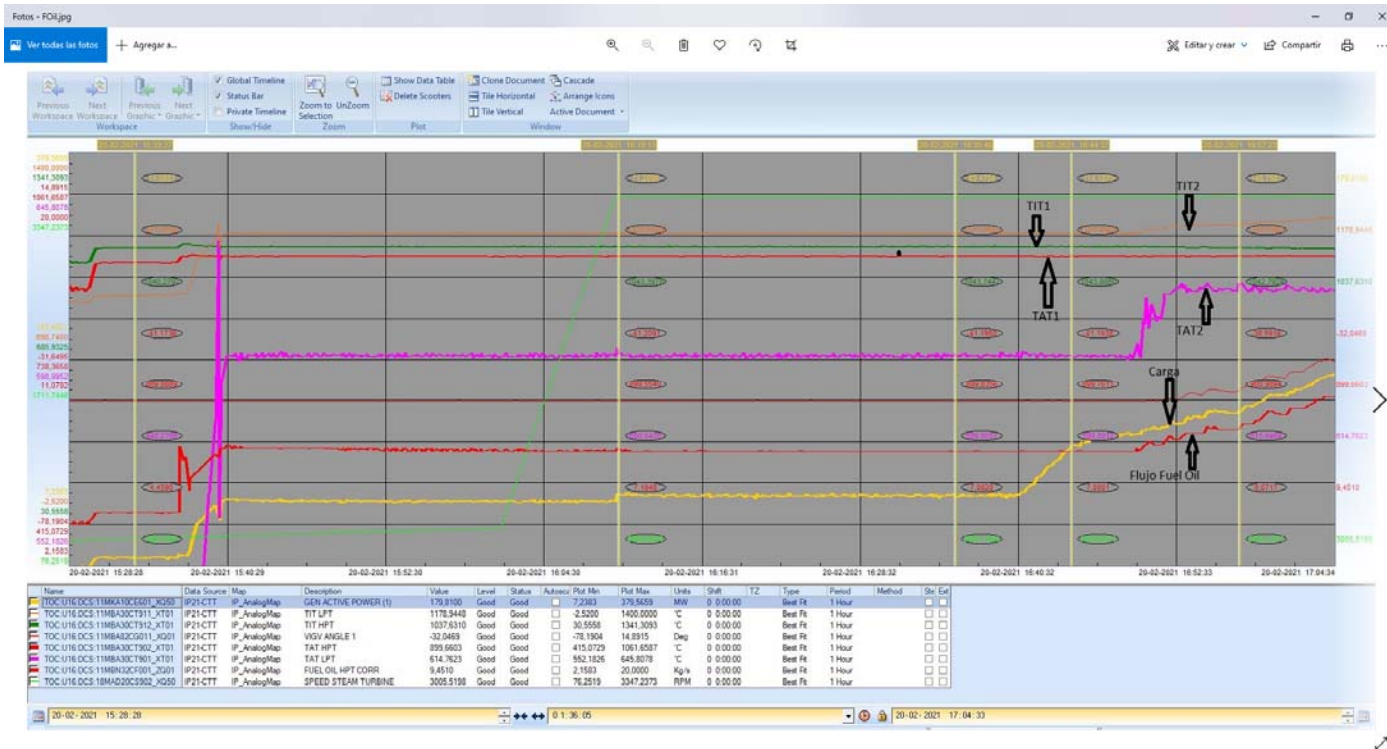


Figura 4: Parámetros operando con diésel.

Al analizar esta gráfica se aprecia que aproximadamente a 145 MW el valor de la TAT 2 llega a su punto de operación de 615° C y se estabiliza. La TAT1 ya viene estable con 900 °C lo cual indica que ese sería el mínimo técnico de acuerdo con la figura 1 y 2 explicadas anteriormente.

En relación con el cumplimiento de la Norma de Emisiones, en Feb/2021 se hicieron pruebas de Potencia Máxima y de Consumo Específico de Combustible operando en CC con Diésel, analizando los resultados, se concluye que las emisiones se cumplen para todo el rango de potencia de la unidad. A continuación, se presenta un extracto de la declaración de emisiones enviada a la Superintendencia de Medio Ambiente para dicha oportunidad:



Emisiones - U16 con  
diésel - Feb 2021.xlsx

En resumen, se tiene lo siguiente:

Emisión	máximo permitido por Norma de Emisiones (mg/Nm3)	Máximo obtenido durante las pruebas (mg/Nm3)
NOx	200	38,86
SO2	200	0,06
MP	30	13,78

Las pruebas se hicieron desde los 19 MW hasta los 333 MW.

En relación con el aporte al CPF establecido en 14 MW, se establece que corresponde a un valor dado por la lógica operacional de la unidad, la cual indica lo siguiente:

- 1.- Considerar un factor multiplicativo de 1 para una temperatura ambiente de 15 °C y de 0,949 para 25°C. Consideraremos una temperatura de referencia de 18°C, el factor adopta un valor igual a 0,9847.
- 2.- La lógica multiplica el factor indicado en 1 por 278 MW, dando un valor igual a 273,75 MW.
- 3.- Finalmente, el valor encontrado en 2 lo multiplica por 0,58 para llegar a 159 MW, siendo esta la potencia mínima para que la lógica permita activar el seguidor de frecuencia con el objetivo de que la unidad pueda hacer CPF.

Por lo tanto, se concluye que la potencia mínima de despacho de la U16 con el CPF activado es de 159 MW.

## 6.- Conclusión

De acuerdo con los datos expuestos en el presente informe, se concluye que el MT de la U16 operando de manera continua, estable y segura con diésel en Ciclo combinado es de 145 MW de acuerdo a lo esperado según la lógica de operación de la unidad y cumpliendo con la Norma de Emisión vigente.