
DOCUMENTO DE JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ANEXO 16 DEL ROBCP

Incorporación de la planta generadora de ciclo combinado operando con gas natural y mejoras regulatorias en la implementación del procedimiento de auditorías de consumo de calor.

Julio 2021



Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Incorporación de aclaraciones para el ensayo configuraciones operativas de plantas operando en ciclo combinado | 3 |
| 2. Tiempos referenciales de duración de los ensayos y generalización de formatos de datos técnicos para Ciclos combinados | 5 |
| 3. Medición, análisis y condiciones de referencia para gas natural..... | 6 |
| 4. Condiciones particulares para el ensayo de arranque y detención de ciclos combinados flexibles | 7 |
| 5. Delimitación del objeto de la aplicación del procedimiento del Anexo 16..... | 10 |
| 6. Delimitación de los tiempos de la prueba de arranque y detención, establecida en el apéndice 4 del ROBCP..... | 11 |
| 7. Reorientación del enfoque del apéndice 3 a los polinomios de <i>consumo específico de calor y combustible - potencia neta</i> , para los que no aplica signo positivo en coeficientes | 12 |
| 8. Corrección de términos y unidades de Consumo de Calor/Combustible y Consumo Específico de Calor/Combustible | 13 |
| 9. Elección de puntos de carga a considerar durante los ensayos de consumo de calor | 15 |
| 10. Cálculo de desviaciones, sentido de rampa de carga y lineamientos para reprogramación de las pruebas de MCI pertenecientes a un mismo grupo | 16 |
| 11. Correcciones aplicables a resultados de ensayos de consumo de calor..... | 18 |
| 12. Aclaraciones sobre manejo de muestras de combustible | 20 |
| 13. Consideraciones especiales por restricciones y formato de presentación de resultados de las pruebas de arranque..... | 21 |
| 14. Procedimiento de aprobación del informe, vigencia y forma de entrega | 22 |
| 15. Aspectos logísticos de la coordinación de ensayos de consumo de calor | 24 |
| 16. Calificación, recalificación e inhabilitación de auditores | 25 |
| 17. Otras correcciones de forma..... | 26 |

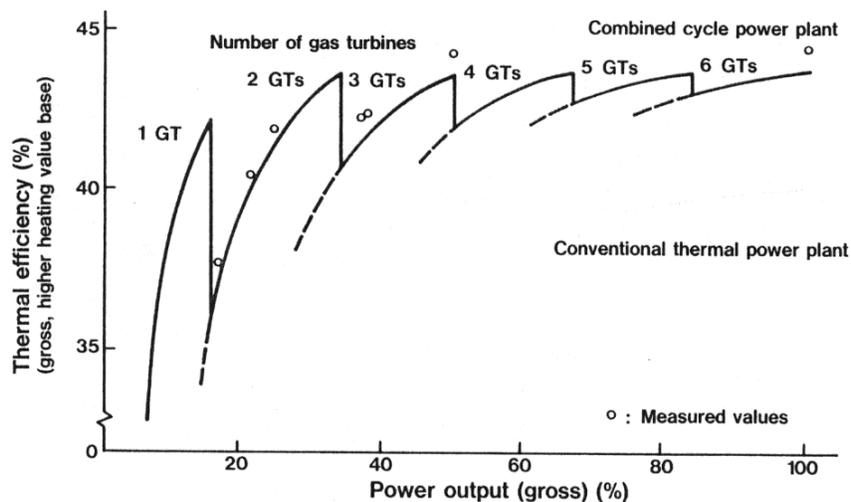
1. Incorporación de aclaraciones para el ensayo configuraciones operativas de plantas operando en ciclo combinado

1.1. Justificación del cambio

A pesar de que el anexo 16, en su numeral 5.4 del apéndice 1, lista las consideraciones particulares para la ejecución de pruebas de consumo de calor en Ciclos Combinados, hace referencia explícitamente a ciclos combinados tradicionales, compuestos por un ciclo Brayton (Turbinas de Gas) y un ciclo Rankine (Turbinas de Vapor), solo abordando los parámetros operativos y normas internacionales de referencia que deben seguirse. El procedimiento actual no considera plantas de ciclo combinado flexible, es decir, conformadas por Motores de Combustión Interna (MCI) y Turbinas a Vapor (TV), como la que iniciará operaciones próximamente en El Salvador, ni indica algunos detalles sobre la ejecución de los ensayos y presentación de sus resultados.

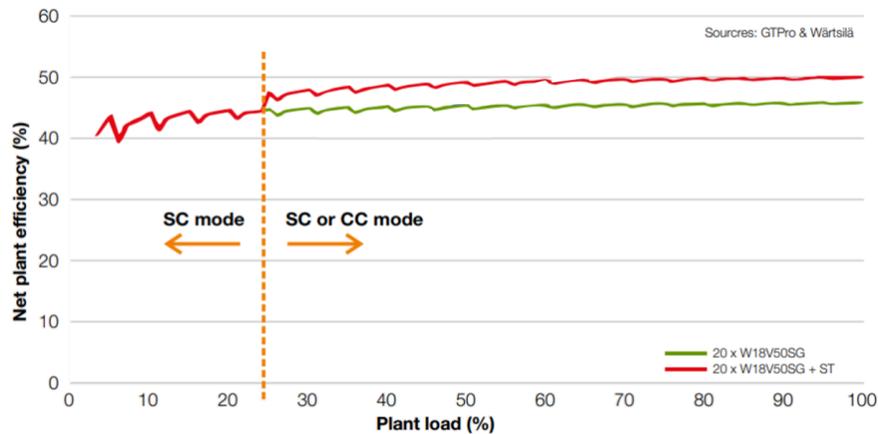
Una de las principales diferencias entre los ciclos combinados tradicionales y los flexibles, radica en su posible representación mediante configuraciones operativas. En los primeros, la eficiencia neta de la planta tiene marcadas variaciones ante la entrada/salida de las Turbinas de Gas (TG), lo que lleva a determinar una curva de eficiencia separada por cada combinación de unidades. En cambio, en los ciclos combinados flexibles la eficiencia se mantiene estable para todo el rango de potencia del ciclo combinado, a pesar de la entrada/salida de unidades MCI. Como referencia se muestran las figuras 1 y 2. Esto introduce la necesidad de definir en la reglamentación normas particulares para cada tipo de ciclo combinado, sobre todo en cuanto a las configuraciones con que pueden representarse, y por ende, para las que será necesario realizar los ensayos de consumo de calor y la presentación de los resultados.

Figura 1: Ejemplo de curva de eficiencia global de CC tradicional (TGs+TV)



Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile, disponible en: <https://bit.ly/3t5EMCf>

Figura 2: Ejemplo de curva de eficiencia global de CC Flexible (MCI+TV)



Fuente: Wärtsilä

Un tema logístico asociado con los ensayos de consumo de calor de plantas operando en ciclo combinado, es el nivel de potencia bajo prueba que deben inyectar al sistema, el cual puede llegar a representar porcentajes elevados de la demanda del mercado mayorista. Lo anterior podría representar una barrera para la realización de las auditorías de consumo de calor, de la planta operando en ciclo combinado, en ciertas épocas del año.

1.2. Propuesta y detalle de cambios

La propuesta de modificación de la UT incorpora la definición de configuraciones operativas de ciclo combinado en el anexo 16, aclarando que debe realizarse un ensayo de consumo de calor independiente (y presentarse el acta correspondiente) para cada una de estas configuraciones operativas. Sin embargo, para ciclos combinados flexibles, la propuesta acota que solo les corresponde una única configuración operativa de ciclo combinado, sin importar la combinación de unidades que deban encontrarse en línea en cada punto de carga a ensayar. Lo anterior implica que para una planta de ciclo combinado flexible se deberán determinar dos curvas de consumo específico de calor: una para operación en ciclo simple y una para operación en ciclo combinado.

En cuanto a la cantidad de estados de carga a ensayar, se propone considerar al menos un punto adicional a los actualmente requeridos para el resto de las unidades generadoras, es decir, como mínimo seis puntos. Esto tomando en cuenta que el amplio rango de potencias de validez de la curva y la recomendación de especialistas en el tema.

Finalmente, se propone la posibilidad de reprogramar la prueba de ciclo combinado, ante solicitud de la UT, siempre y cuando se identifique que no existen condiciones en el SEP para su realización. Ante esto y para su utilización en tanto no sea factible realizar la prueba, el auditor deberá presentar una estimación de la curva de consumo de calor de ciclo combinado, con base en las pruebas de ciclo simple.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|--|
| 1 AP1 | Modificar | 1.1 |
| 3 AP1 | Agregar | 3.1 bullet 17 |
| 5 AP1 | Renumerar | 5.5 (5.4*) y 5.4 (5.5.3*) |
| | Agregar | 5.5.1*, 5.5.2* (incluye del 5.5.2.1* al 5.5.2.5*) |
| | Modificar | 5.4.1 (5.5.3.1*), 5.4.2 (5.5.3.2*), 5.4.3 (5.5.3.3*), 5.4.4 (5.5.3.4*) |
| 7 AP1 | Modificar | 7.2.1 |
| 10 AP1 | Modificar | 10.1.4 (10.1.3*) |
| | Agregar | 10.1.6*, 10.1.7* |
| AP 2 | Modificar | 1 (formato de acta y nota *) |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

2. Tiempos referenciales de duración de los ensayos y generalización de formatos de datos técnicos para Ciclos combinados

2.1. Justificación del cambio

Para efectuar cualquier ensayo de consumo específico de calor, es necesario que la máquina en ensayo haya alcanzado previamente condiciones de estabilidad, lo cual puede verificarse midiendo las fluctuaciones de las variables y parámetros considerados, y comparándolos con los porcentajes de desviación máximos indicados por normas internacionales, según el tipo de máquina térmica que forma parte de la central. Por ejemplo, para una turbina de vapor se verifican las fluctuaciones en las temperaturas de vapor vivo, vapor recalentado, agua de alimentación, entrada de agua de circulación, temperatura de cojinetes, temperatura de devanados en el estator, entre otros parámetros. Todo esto, según lo establecido en las normas internacionales aplicables, como la ASME PTC-46 y ASME PTC-6 (esta última aplicable específicamente para turbinas de vapor).

En atención a lo anterior, el apéndice 1 del anexo 16 presenta tiempos referenciales de duración de los ensayos por tipo de tecnología, indicando el tiempo de estabilización requerido, previo a la toma de mediciones. Los tiempos recomendados para la tecnología "Ciclo Combinado" en la tabla III del mencionado apéndice, se refieren a ciclos combinados tradicionales, es decir, compuestos por TGs y TVs (ciclo Brayton y ciclo Rankine), pero se sabe que este tiempo referencial permite la estabilización de todos los equipos que intervienen, es decir, la turbina de gas, caldera de recuperación de calor y la turbina de vapor.

Si bien esta tabla, y las normas internacionales en las que se basa, no consideran explícitamente a los ciclos combinados flexibles, se pueden tomar como referencia los mismos tiempos asociados a los ciclos combinados tradicionales, pues tanto los tiempos de estabilización de TGs como MCIs suelen ser inferiores a una hora, por lo que dicho tiempo busca alcanzar la estabilización específicamente en las calderas de recuperación de calor y turbina de vapor, que son equipos comunes para ambas tecnologías, tradicional y flexible.

A pesar de lo anterior, y dado que las TV de ciclos combinados flexibles operan a diferentes niveles de presión y temperatura que las TV de ciclos combinados tradicionales, se considera procedente resaltar que los tiempos asociados a aquella tecnología, citados en la tabla III, pueden ser modificados por el auditor, en función de las fluctuaciones de parámetros con los que se verifica la estabilidad térmica.

En cuanto a los formatos de datos técnicos, que se presentan en el apéndice 2 del anexo 16, estos también se refieren solo a ciclos combinados tradicionales, por lo que es necesario generalizarlos incluyendo una sección asociada a datos técnicos de MCI como parte del ciclo térmico principal de la planta.

2.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone extender los tiempos referenciales de duración de los ensayos de ciclo combinado y su correspondiente estabilización detallados en la tabla III del apéndice 1 del anexo 16, como aplicables a ciclos combinados flexibles, pero indicando la posibilidad de que estos sean modificados a criterio del auditor y en virtud de la verificación de estabilidad de parámetros, según normas internacionales. Además, se propone agregar una sección al formato de datos técnicos de ciclos combinados, en la que se incluyan los datos técnicos de los MCI, e incluir ambos tipos de tecnología en las secciones: “Alternador, transformador y auxiliares”, “Sistema de medición de energía”, “Transformadores de potencia, medición y auxiliares”.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|-----------------------------|
| 7 AP1 | Modificar | 7.4.2 |
| AP2 | Modificar | 2.3 (3.3*) |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

3. Medición, análisis y condiciones de referencia para gas natural

3.1. Justificación del cambio

En el numeral 6.6 del apéndice 1 del anexo 16 ya se establecen algunas consideraciones para la medición de flujo, toma de muestras y requisitos para el análisis del Gas Natural (GN). Sin embargo, luego de verificaciones de procedimientos análogos que se llevan a cabo en países de Suramérica, donde se ha usado dicho combustible desde hace varios años, y consultas a auditores con experiencia en realización de este tipo de ensayos en dichos países, se identificó que:

1. A pesar de que, según la normativa vigente se permite el uso del análisis cromatográfico del gas natural, suministrado por la compañía proveedora del combustible, y correspondiente a la fecha de realización del ensayo, esto es aplicable solo cuando el GN se está consumiendo en línea, es decir, si el combustible utilizado en la prueba viene directamente del proveedor por gaseoductos. Si el gas se distribuye de manera virtual, como será el caso

actualmente en El Salvador, es recomendable el uso del análisis de laboratorio homologado, o del cromatógrafo en planta con que cuente el PM generador.

2. Para poder hacer uso del cromatógrafo de gas natural para realizar el análisis de la muestra de combustible, suele solicitarse que el equipo se encuentre debidamente calibrado por una empresa especializada, sea nacional o internacional, respaldada mediante certificado de calibración vigente.

Adicionalmente, se identifica la necesidad de referir la norma internacional con las condiciones estándar de presión y temperatura para la expresión del volumen y demás cálculos del gas natural.

3.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone incorporar la referencia a la norma internacional ISO 13443 en su versión más reciente, en el listado de normas de referencia y en la sección 6.6 del apéndice 1. Además, se propone detallar que el uso del certificado de análisis suministrado por el proveedor del combustible solo será posible para consumo en línea (por ejemplo por medio de importaciones realizadas por parte del propietario de la central generadora). La muestra de GN cuando este se suministre de manera virtual, como GNL, deberá enviarse para análisis a un laboratorio homologado y alternativamente, podrá considerarse el análisis del cromatógrafo de operación permanente de la planta, instalado en la red de gas que alimenta a la unidad generadora ensayada, siempre que éste cuente con un certificado de calibración vigente a la fecha de realización de la prueba y emitido por una empresa especializada.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|-----------------------------|
| 6 (7*) | Agregar | 6.2 (7.2*) bullet 14 |
| 6 AP1 | Agregar | 6.7.5*, 6.7.6.1.3* |
| | Modificar | 6.6.5.2 (5.7.5.1.2*) |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

4. Condiciones particulares para el ensayo de arranque y detención de ciclos combinados flexibles

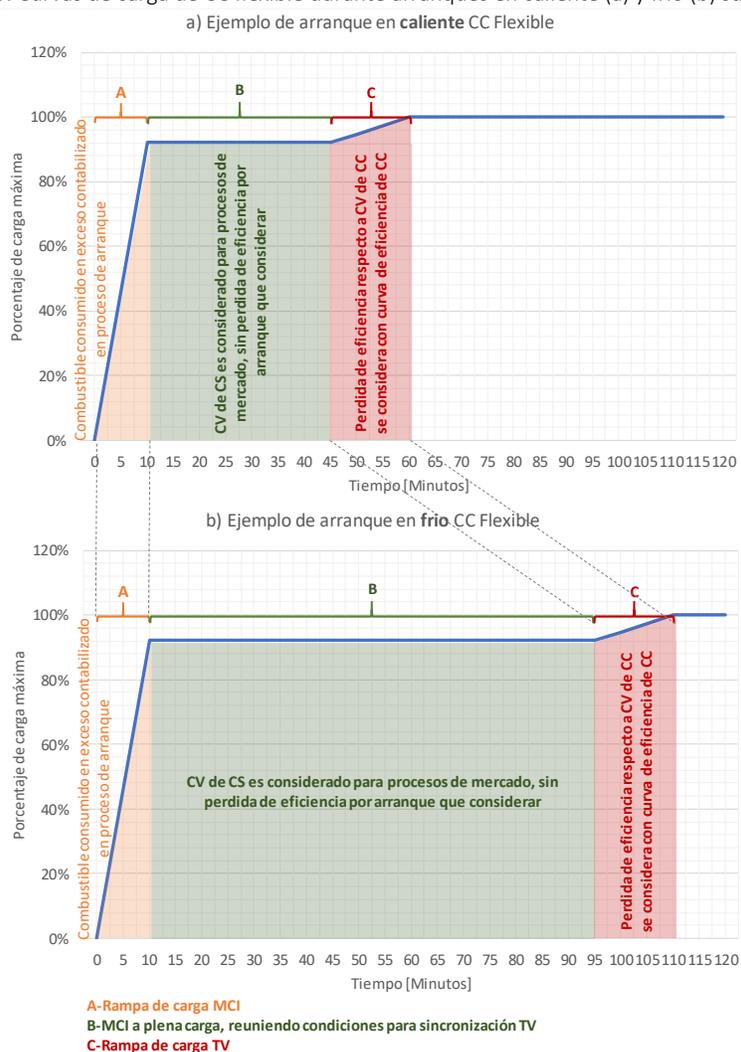
4.1. Justificación del cambio

Durante la secuencia de arranque de ciclos combinados tradicionales, la carga de las turbinas de gas suele limitarse para cumplir con las restricciones impuestas por la inercia térmica de la turbina de vapor. Esto hace que, tanto las turbinas de gas como el ciclo combinado en su conjunto, deban operar a una eficiencia reducida durante el tiempo de arranque, cuya duración además dependerá de las condiciones iniciales de temperatura en la carcasa y rotor de la TV (asociadas al tiempo que

la planta ha pasado fuera de servicio). Por lo anterior, los ciclos combinados tradicionales diferencian el tiempo y costo de arranque, por ejemplo, en frío, tibio y caliente.

Por el contrario, durante el arranque de los ciclos combinados flexibles compuestos por MCI y TV, no se ve limitada la rampa de toma de carga de las unidades del ciclo térmico principal, definiéndose esta solo con las restricciones propias de los MCI. Además, la característica de operación flexible de este tipo de plantas hace que el Costo Variable (CV) sea determinado de forma diferenciada para la operación en ciclo simple y ciclo combinado, siendo el único detonador para esta diferenciación la entrada en línea de la TV. Lo anterior implica que, mientras la TV no se encuentre en línea, se considerará que a la energía inyectada por la planta le corresponde un costo equivalente al determinado para los MCI en operación normal, no existiendo pérdida de eficiencia (respecto a la eficiencia a la que se remunera la energía) durante el período de operación en ciclo simple (CS), aun cuando deba entrar por restricción técnica para la posterior sincronización de la TV. A continuación, se presentan como ejemplo dos curvas de toma de carga en las que se resaltan los factores antes descritos.

Figura 3: Curvas de carga de CC flexible durante arranques en caliente (a) y frío (b) supuestos



Fuente: Elaboración propia con tiempos y porcentajes supuestos – carácter ilustrativo

De la gráfica anterior puede verse que, aunque el tiempo de arranque en frío del ciclo combinado flexible sea mayor que el tiempo de arranque en caliente, la energía inyectada durante la etapa B del proceso de arranque (cuando se encuentran en línea solo los motores de combustión interna y se está esperando condiciones para la sincronización y toma de carga de la TV), independientemente de la duración de esta, será considerada con el CV correspondiente a operación ciclo simple, siendo completamente remunerada en concepto de energía, y no siendo necesario hacer la diferenciación de arranques en frío y caliente. El combustible consumido durante el arranque, en cualquiera de los casos presentados en las gráficas, debe ser contabilizado solo en la etapa A.

Existe una segunda etapa de eficiencia reducida durante la rampa de toma de carga de la turbina de vapor (etapa C), en la que, si bien no existe consumo adicional de combustible por alimentarse la TV con los gases de escape de los MCI, la eficiencia es menor que la de la planta operando a plena carga (que es bajo la que se remunera la energía inyectada por la planta). Sin embargo, esta pérdida de eficiencia se captura con la curva de consumo específico de combustible/calor del ciclo combinado en su conjunto, y es remunerada al PM correspondiente bajo el concepto de compensación por eficiencia, en caso aplique de acuerdo con las normas establecidas en el ROBCP.

En línea con lo anterior y considerando que el ensayo de arranque y detención normado en el anexo 16 del ROBCP busca determinar el consumo de combustible y la energía eléctrica inyectada durante el proceso de arranque y detención, para luego calcular el consumo adicional de combustible respecto a la condición eficiente (que es bajo la que se remunera la energía inyectada por la planta), se concluye que el ensayo de arranque de ciclos combinados flexibles debe ser determinado mediante los procedimientos aplicables a los MCI operando de forma independiente.

Adicional al tema antes descrito, se identifica que en el apéndice 4 del anexo 16 se hace referencia a los procedimientos de medición de combustible indicados en el numeral 6 del apéndice 1, pero no se lista el gas natural, por lo que se incluye referencia a dicho combustible.

4.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone diferenciar en el apéndice 4 del anexo 16, el procedimiento de arranque y detención para ciclos combinados flexibles del establecido para ciclos combinados tradicionales, acotando que el consumo en dichos eventos se determina mediante el procedimiento de ensayo aplicable para motogeneradores de combustión interna. Asimismo, se detalla que, para la medición del flujo de gas natural durante las pruebas de arranque y detención, aplica lo indicado en el numeral 6 del apéndice 1 del anexo 16.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|--|
| 5 AP4 | Modificar | 5.2.1 |
| 7 AP4 | Modificar | 7.1.1.1, 7.1.3.1 (7.1.4.1*), 7.1.3.2 (7.1.4.3*), 7.1.5.3 , 7.1.6 |
| | Agregar | 7.1.4.2, 7.1.5.4 |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

5. Delimitación del objeto de la aplicación del procedimiento del Anexo 16

5.1. Justificación del cambio

En la versión actual del anexo 16, se incluye como objeto de la aplicación del procedimiento el calcular e informar, además de las curvas de consumo de calor, la potencia máxima y otros parámetros técnicos de las unidades térmicas que operan con combustibles no renovables.

A pesar de esto, el ROBCP ya considera en el anexo 20 un procedimiento específico para la prueba y determinación de la potencia máxima y todos los procesos que lleva a cabo la UT toman el dato resultante de este, por lo que la referencia a esta como resultado del anexo 16 crea ambigüedades en la reglamentación.

En cuanto a los “otros parámetros técnicos”, el anexo 3 norma los formatos en que estos deben ser declarados a la UT por parte del PM generador. El anexo 16, aunque menciona que el auditor debe realizar su verificación, no contempla el procedimiento para verificarlos, o para oficializar los resultados ante cambios respecto a lo declarado por el PM.

5.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone delimitar el objeto del anexo 16 a la determinación de los coeficientes de las curvas de consumo específico de calor y consumo específico de combustible, además de la determinación del consumo de combustible en arranque y detención. Esto implica eliminar a lo largo del anexo 16 y sus apéndices, la referencia a la potencia máxima y otros parámetros técnicos como resultados de su aplicación.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|--|
| 1 | Modificar | Título, 1.1 |
| 2 | Modificar | 2.1, 2.3 (2.4*), 2.8 |
| | Eliminar | 2.7 |
| 4 | Modificar | 4, 4.1 |
| 5 (6*) | Modificar | 5.1.1 a) (6.1.1 a)*), 5.7.1 (6.4.1*), 5.9.1 (6.6.2*), 5.9.2.1 (6.6.5.1*), 5.9.5.11 (6.6.8.12*) |
| | Eliminar | 5.9.7.1 (6.6.10.1*)-literales c) al e) |
| 6 (7*) | Modificar | 6.1 (7.1*) |
| 1 AP1 | Modificar | Título, 1.1 |
| 4 AP1 | Modificar | 4.1 |
| 5 AP1 | Modificar | 5.1.1 |
| 6 AP1 | Modificar | 6.1 |
| 7 AP1 | Modificar | 7.2.1 |
| 10 AP1 | Modificar | 10.1.1, 10.1.6 (10.1.9*) literal h) |
| 11 AP1 | Modificar | 11.3 |
| | Eliminar | 11.4, 11.5 |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

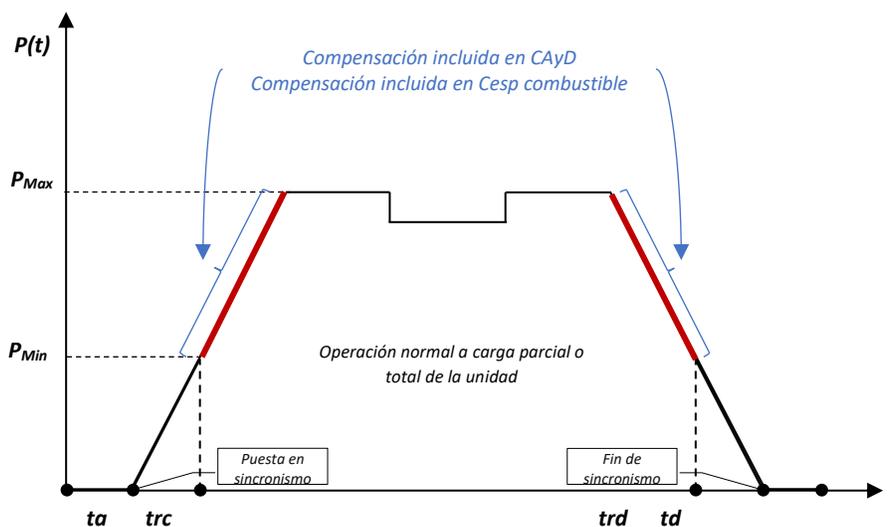
6. Delimitación de los tiempos de la prueba de arranque y detención, establecida en el apéndice 4 del ROBCP

6.1. Justificación del cambio

El ensayo que se realiza a las unidades generadoras térmicas según lo normado en el apéndice 4 del anexo 16 del ROBCP, tiene por objetivo obtener el consumo de combustible durante los diferentes tiempos parciales de las secuencias de arranque y detención. Estos consumos son posteriormente retomados en el anexo 17 para determinar el costo de combustible adicional por evento, el cual, junto con otros costos, se introduce en el Costo de Arranque y Detención (CAyD) y se convierte en un monto en \$/MWh, que se reconoce como compensación a las unidades generadoras que, a través del pago por energía valorada al Costo Marginal de Operación (CMO) fijado en cada período de mercado, no recuperan la totalidad de sus costos variables auditados.

El ensayo considera como parte de la secuencia de arranque, la rampa de toma carga hasta que la unidad alcanza su potencia máxima operativa. De forma equivalente, el consumo de combustible durante la detención se mide desde que la unidad generadora se encuentra a potencia máxima y se da la instrucción de parada. Lo anterior implica que dentro del CAyD se compensa la pérdida de eficiencia que las unidades presentan en ambas rampas. Sin embargo, la curva de consumo específico de combustible, que se obtiene de la aplicación del ensayo de consumo de calor del anexo 16, también compensa dicha pérdida de eficiencia, pues permite conocer el consumo de combustible a cargas parciales, con el que, para la conciliación de transacciones, se determina el costo variable combustible real de la máquina, en cada período de mercado en la que ésta es elegible para recibir compensación por eficiencia.

Figura 4: Curvas de carga de una unidad generadora incluyendo arranque, detención y esquemas de compensación aplicables



6.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone delimitar la prueba del apéndice 4 del anexo 16, para que se considere que la rampa de toma de carga en el arranque finaliza cuando la unidad generadora térmica alcanza su potencia mínima operativa, esto considerando que desde ese punto es válida la curva de consumo de combustible y que a través del costo variable combustible real ya se compensa la pérdida de eficiencia de la unidad, en caso de aplicar. Una delimitación similar es propuesta para la rampa de bajada de carga, cuyo punto de inicio se plantea que sea la potencia mínima de la unidad generadora.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|------------------------------------|
| 5 | Modificar | 5.1 |
| 6 | Modificar | 6.1 b), 6.1 c) |
| 7 | Modificar | 7.1.1.2, 7.1.2.1, 7.1.3.1, 7.1.5.1 |
| 8 | Modificar | 8.3, 8.4 |

7. Reorientación del enfoque del apéndice 3 a los polinomios de *consumo específico de calor y combustible - potencia neta*, para los que no aplica signo positivo en coeficientes

7.1. Justificación del cambio

El apéndice 3 del anexo 16, presenta el método de cálculo de la función de consumo de una máquina térmica y su interpretación física en términos de la eficiencia del proceso de transformación y transferencia de energía. Esta interpretación física conlleva a que los signos de los coeficientes del ajuste de la función de consumo deban ser siempre positivos, pues hacen referencia a las pérdidas en vacío, pérdidas de primer orden y pérdidas de segundo orden. Sin embargo, esta interpretación aplica solo cuando la función se determina respecto a la potencia bruta de la unidad, y no a la potencia neta.

Todo el texto del apéndice 3 del anexo 16, a excepción del método para la obtención del polinomio y rango de validez de este, es aplicable únicamente al polinomio de consumo de calor calculado en función de la potencia bruta de la unidad térmica, sin considerar la participación del consumo de equipos auxiliares de la unidad.

Por las reglas del mercado mayorista, el objeto del anexo 16 es obtener el polinomio de consumo específico de calor y combustible referido a la potencia neta de la unidad, medida en el punto de entrega al sistema. Lo anterior hace que el actual apéndice 3 pierda relevancia al referirse a un resultado intermedio de los ensayos, sobre todo en los signos de los coeficientes e interpretación de estos.

En la práctica se ha evidenciado que los coeficientes de los polinomios, resultantes de aplicar el método de mínimos cuadrados a las mediciones de las pruebas del anexo 16, suelen tener tanto signos positivos como negativos. Los auditores han optado por justificar esto en los informes, observando la no aplicabilidad del actual apéndice 3 para las funciones de consumo que constituyen el resultado final del anexo 16.

7.2. Propuesta y detalle de numerales con cambios

Se propone modificar el enfoque del apéndice 3 para que este se refiera al detalle del método de cálculo del polinomio de consumo específico de calor y combustible en función de la potencia neta de la unidad generadora, debiendo como consecuencia eliminar lo relacionado con el signo y significado de los coeficientes del polinomio, por no ser aplicable a la curva de consumo que es el resultado esperado del procedimiento del anexo 16.

Además, se propone agregar aclaraciones sobre el procedimiento que deben seguir las mediciones, desde que son tomadas durante el ensayo, pasando por las correcciones aplicables, hasta obtener la función matemática de consumo específico de calor y combustible que se busca.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|-----------------------------|
| 5 | Modificar | 5.9.4.1 |
| 6 | Modificar | 6.1 |
| AP3 | Modificar | Todos los numerales |

8. Corrección de términos y unidades de Consumo de Calor/Combustible y Consumo Específico de Calor/Combustible

8.1. Justificación del cambio

Entre las curvas características de un generador termoeléctrico se encuentran las curvas de consumo de calor ($GJ/h - MW$) y de consumo específico de calor ($GJ/MWh - MW$). La primera representa la cantidad de calor necesaria en una unidad de tiempo para alcanzar una determinada potencia, mientras que la segunda relaciona la cantidad de calor de entrada por cada unidad de energía eléctrica de salida, y cómo esta relación varía a lo largo del rango de potencia de la unidad generadora. Ambas curvas pueden también representarse con su equivalente en consumo de combustible ($[Gal/h - MW]$ y $[Gal/MWh - MW]$, respectivamente).

A lo largo de todo el anexo 16 y sus apéndices se hace referencia a la “Curva de Consumo de Calor” como objeto de la aplicación de los procedimientos de ensayo ahí normados. Se listan en las diferentes secciones las unidades de medición de dicha curva, y las variables que deberían ubicarse

en los ejes de abscisas y ordenadas para el trazado de la representación gráfica de la curva. Únicamente en el numeral 5.9.1 de este anexo se menciona el “Consumo Específico de Calor”

Ya en el apéndice 1 del anexo 16 se introduce con mayor frecuencia el término “Consumo Específico de Calor” junto al “Consumo de Calor”. Se listan también unidades de representación de estas variables, entre las que se incluyen unidades para representar el consumo de combustible y el consumo específico de combustible, ambos en unidades volumétricas.

Si bien el resultado directo de la aplicación de los ensayos de consumo de calor es la curva de consumo de calor, el procedimiento del anexo 16 y sus apéndices va más allá para obtener el consumo específico de calor y consumo específico de combustible que, en la práctica, son los que deben consignarse en el acta y utilizarse para los procesos que lleva a cabo la UT.

Por lo anterior, se requieren aclaraciones a lo largo de todo el anexo 16 y sus apéndices para establecer claramente que el objetivo final de los ensayos de consumo de calor ahí normados es la obtención de las curvas de consumo específico de calor y combustible. Además, para aclarar las unidades de medición de las diferentes variables de interés y que estas sean congruentes con los términos utilizados. Esto último, ha sido reiteradamente observado por los auditores, durante la aplicación del procedimiento.

8.2. Propuesta y detalle de numerales con cambios

Se propone mantener el término “Ensayos de consumo de calor” por su conexión directa con las normas internacionales citadas como referencia en el procedimiento de desarrollo de los ensayos, pero clarificar que el resultado buscado con la aplicación de este procedimiento de auditoría son las curvas de consumo específico de calor y combustible. Además, se propone incorporar correcciones aplicables para obtener congruencia en las unidades en que debe expresarse cada variable.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|---|
| 1 | Modificar | Título, 1.1 |
| 2 | Modificar | 2.1, 2.3 (2.5*), 2.4(2.6*), 2.7(2.8*) |
| 3 | Modificar | 3.1 |
| 4 | Modificar | 4.2, 4.3, 4.4 |
| 5(6*) | Modificar | 5.1.1 (6.1.1*), 5.9.1 (6.6.2*), 5.9.2.2 (6.6.5.2*), 5.9.2.3(6.6.5.3*), 5.9.2.6(6.6.5.6*), 5.9.4 (6.6.7*), 5.9.4.2 (6.6.7.2*), 5.9.5.11 (6.6.8.12*) y 5.9.7 (6.6.9*) |
| 3 AP1 | Modificar | 3.1 bullets 4 y 5, 3.2 |
| 7 AP1 | Modificar | 7.1.2 |
| 11 AP1 | Modificar | 11.2 g) |
| AP2 | Modificar | Modelo de acta de ensayo de consumo de calor |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

9. Elección de puntos de carga a considerar durante los ensayos de consumo de calor

9.1. Justificación del cambio

El anexo 16 establece que durante los ensayos deben considerarse al menos cinco puntos de carga, entre los que se incluye la potencia máxima, la potencia máxima con aporte de la reserva primaria de frecuencia (RPF) y reserva secundaria de frecuencia (RSF), según corresponda, y el mínimo técnico. El ensayo al mínimo técnico, para las turbinas a gas y los motogeneradores de combustión interna, se establece como coincidente con la operación en vacío de la máquina, mientras que para las demás tecnologías se indica que el mínimo técnico está dado por el constructor de la máquina.

Desde el inicio de la operación del mercado de costos y ejecución de las auditorías del anexo 16, el requerimiento de probar las unidades TG y MCI operando en vacío como prueba correspondiente al mínimo técnico ha sido cuestionado por diferentes auditores, pues según su criterio técnico:

- No es un punto representativo para los efectos que la UT aplica la curva resultante de los ensayos, puesto que las máquinas suelen no alcanzar una operación estable en vacío.
- En algunas plantas del parque generador, el arranque de los MCI se realiza con combustible diésel, cambiando a búnker luego de alcanzado un porcentaje de carga establecido. La operación con este último a bajas cargas suele ser no recomendada por el fabricante, pues podría ocasionar ensuciamiento de la cámara de combustión, así como causar obstrucción de los pasos de flujo de aire y gases de escape.
- Usualmente no es recomendado por el constructor de las máquinas que estas operen en vacío por tiempos prolongados, pudiéndose causar mayores desgastes en los equipos con dicho tipo de operación.

El último punto indicado, incluso ha llevado a algunos auditores a reducir los tiempos de ensayo de las unidades en el punto de operación en vacío.

Por otro lado, se identifica que existe falta de claridad en la reglamentación al referirse al punto de “La potencia con aporte a la RPF o RSF”, pues da lugar a entender, por ejemplo, que las unidades deben estar operando en Control Automático de Generación (CAG) para realizar el ensayo a dicha potencia, cuando por las características de los ensayos y estabilidad de parámetros que se verifican, los ensayos se realizan con las máquinas fuera de CAG, independientemente del punto de carga que se esté probando.

9.2. Propuesta y detalle de cambios

Eliminar del ROBCP el requerimiento de que el ensayo al mínimo técnico para las unidades TG y MCI sea realizado con la unidad operando en vacío, y uniformizar para todas las tecnologías que el mínimo técnico estará dado por el constructor de la máquina y será el declarado por los PM generadores, en cumplimiento de lo establecido en el anexo 3 del ROBCP.

Además, se propone aclarar la redacción sobre la determinación de la potencia con aporte a la RPF y RSF, indicando que se tomarán en cuenta los porcentajes correspondientes como reducción a la potencia máxima de la unidad.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|-----------------------------|
| 2 AP1 | Modificar | 2.3.1, 2.3.2 |
| 4 AP1 | Modificar | 4.1 |
| 5 AP1 | Modificar | 5.1.1 |
| | Eliminar | 5.2.2, 5.3.2 |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

10. Cálculo de desviaciones, sentido de rampa de carga y lineamientos para reprogramación de las pruebas de MCI pertenecientes a un mismo grupo

10.1. Justificación del cambio

Para la determinación de la curva de consumo específico de calor de las plantas o grupos compuestos por varios motogeneradores de combustión interna de iguales características, el procedimiento del anexo 16 del ROBCP indica que no es necesario el ensayo de todas las unidades, sino que debe seleccionarse una muestra representativa de estas, cuyo tamaño dependerá de la cantidad total de unidades que conforma la planta o grupo. Para garantizar que la muestra seleccionada es representativa, tanto la potencia como el consumo específico de calor resultantes en cada punto de ensayo deben desviarse del promedio de valores medidos en no más de un porcentaje previamente establecido por la reglamentación. A pesar de que este último requisito se encuentra establecido claramente en el numeral 5.5.7 del apéndice 1 del anexo 16, en los numerales anteriores, el detalle de la verificación se describe solo para la potencia máxima y su consumo específico de calor correspondiente, dando esto lugar a que algunos auditores validen solo para este punto, por lo que es necesario introducir una aclaración al respecto.

Los diferentes auditores también han manifestado que existen ambigüedades en cuanto al orden para realizar los cálculos para la determinación de la curva de consumo de calor de un banco de motogeneradores de combustión interna, pues este involucra dos promedios, uno con las

mediciones de un punto de carga determinado de una sola unidad, y otro punto a punto, de las mediciones resultantes por motor, para determinar un “motor equivalente”. Ante esto, los auditores sugieren que se especifique en el procedimiento lo siguiente:

- a) Si las correcciones deben aplicarse por valor medido o al promedio de mediciones para un punto de carga de cada unidad ensayada (esta aclaración aplica también para otras tecnologías).
- b) Si el “motor equivalente” debe obtenerse antes de la aplicación del método de mínimos cuadrados, o si es necesaria la aplicación individual del método de mínimos cuadrados para luego promediar los coeficientes.

Adicionalmente, al deber ensayarse dos o más motogeneradores, se han dado situaciones en que, por fallas o limitaciones en alguna de las máquinas a ensayar, no pueden realizarse los ensayos de forma consecutiva o el PM generador propone realizarlos con una prolongada separación temporal (meses). Lo anterior podría afectar los resultados a presentar en la auditoría al tomarse diferentes partidas de combustible o ante cambios en condiciones climáticas entre la fecha de realización de uno y otro ensayo, por lo que se recomienda incluir en el procedimiento del anexo 16 el requerimiento de que los ensayos sean consecutivos.

También es usual que se programen el mismo día, pruebas de dos motogeneradores de un mismo grupo o planta, debiendo realizarse un ensayo por la mañana y otro por la tarde. En estos casos se ha identificado que, al realizar las pruebas con el mismo sentido de la rampa de carga, las diferencias de temperaturas ambientales punto a punto entre los ensayos se maximizan; y, si el auditor no aplica correcciones para referenciar a las mismas condiciones ambientales las mediciones obtenidas en todos los puntos, esto implicaría riesgo de incumplimiento de los porcentajes de desviación máximos permitidos entre motogeneradores ensayados. Por lo anterior se propone incluir en el reglamento que la elección del sentido de las curvas de carga de los ensayos debe ser tal, que minimice la diferencia de temperaturas punto a punto.

10.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone incluir en la sección 5 del apéndice 1 del anexo 16, aclaraciones de redacción sobre el procedimiento de validación de desviaciones porcentuales para todos los puntos de carga ensayados. Además, detallar requerimiento de que los ensayos sean realizados en días consecutivos y que, ante su suspensión por fallas u otros factores fuera de control, los ensayos deban ser reprogramados y realizados en un plazo no mayor a dos semanas.

En cuanto al orden para aplicación de correcciones y obtención del motor equivalente, se propone colocar la descripción general de procedimiento como introducción de la sección “Condiciones Particulares” aplicable a MCI. Además, según detallado en las secciones 7 y 11 de este documento, ya se propone la introducción de aclaraciones relacionadas en la sección 8 del apéndice 1 y en el apéndice 3 del anexo 16, en el que incluso se detalla un diagrama de flujo a aplicar. El orden propuesto está respaldado en normas internacionales y ha sido contrastado con el procedimiento usual aplicado para el mismo fin en otros países:

1. Aplicar correcciones por dato medido, antes de realizar cualquier promedio.

2. Promediar mediciones, ya corregidas, para cada punto de carga de una misma unidad.
3. Para MCI, obtener el “motor equivalente” promediando punto a punto los resultados de las diferentes unidades ensayadas. En esta etapa, debe verificarse el cumplimiento de la desviación máxima permitida por cada punto de carga.
4. Aplicar método de mínimos cuadrados para la obtención de coeficientes de la curva de consumo específico de calor, a partir de los datos de motor equivalente (promedio de resultados por punto de las unidades ensayadas).

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|---|
| 5 AP1 | Agregar | 5.4.2.1*, 5.4.2.2*, 5.4.2.3*, 5.4.2.4* |
| | Eliminar | 5.5.2.1, 5.5.7 |
| | Modificar | 5.5.3 (5.4.3*), 5.5.3.2 (5.4.3.2*), 5.5.3.4 (5.4.3.4*), 5.5.3.5 (5.4.3.5*), 5.5.3.6 (5.4.3.6*), 5.5.4 (5.4.4*), 5.5.4.2 (5.4.4.2* y 5.4.4.3*), 5.5.4.3 (5.4.4.4*), 5.5.4.4 (5.4.4.5*), 5.5.4.5 (5.4.4.6*), 5.5.4.6 (5.4.4.7*), 5.5.5 (5.4.5*), 5.5.5.2 (5.4.5.2* y 5.4.5.3*), 5.5.5.3 (5.4.5.4*), 5.5.5.4 (5.4.5.5*), 5.5.5.5 (5.4.5.6*), 5.5.5.6 (5.4.5.7*), 5.5.6.1 (5.4.6.1*), |
| 7 AP1 | Modificar | 7.2.2 |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

11. Correcciones aplicables a resultados de ensayos de consumo de calor

11.1. Justificación de la propuesta de cambio

El numeral 8 del apéndice 1 del anexo 16 del ROBCP, contempla una serie de correcciones aplicables a la potencia y consumo específico de calor medidos durante los ensayos. De acuerdo con lo indicado en el numeral 8.1 de referido apéndice, el objetivo de las correcciones listadas es homologar los resultados con los valores de referencia para los cuales fue calculada la potencia original de garantía de la máquina. A pesar de lo anterior, el objetivo de los ensayos de consumo de calor, cuyo procedimiento se rige en el anexo 16 del ROBCP, es determinar el consumo específico de calor de las unidades termoeléctricas a sus condiciones operativas y ambientales reales actuales, independientemente de cuáles fueron las condiciones de referencia para las que el fabricante garantizó una determinada potencia y eficiencia.

Consecuentemente, las correcciones a condiciones de referencia no deberían alterar los resultados a utilizar para construir la curva de consumo de calor, con la que la unidad será ubicada en la lista de mérito para su prioridad de despacho. En cuanto a las correcciones por condiciones operativas, se entiende que estas, o bien son controlables por el operador de la máquina, por ejemplo, mediante mantenimientos adecuados; o bien son condiciones permanentes por el diseño de la planta en su conjunto. En ambos casos, no aplicaría la corrección a condiciones operativas nominales, sea porque estas no se podrán alcanzar durante la operación normal, o porque el

propietario debería asegurar la operación óptima de la unidad para la realización del ensayo de consumo de calor.

Hasta la fecha, en la ejecución de las diferentes auditorías, solo se ha identificado el uso de correcciones relacionadas con parámetros medioambientales, con cualquiera de los siguientes objetivos:

- Obtener la potencia y consumo específico de calor de la unidad en condiciones de referencia solo para propósitos comparativos, sin utilizar los valores corregidos para la construcción de la curva de consumo de calor.
- Obtener la potencia y consumo específico de calor corregidos a las condiciones ambientales promedio medidas durante la ejecución de la prueba, para minimizar variaciones debidas a parámetros ambientales en los resultados de esta. En este caso, los resultados si han sido utilizados para la construcción de la curva de consumo de calor a aprobar.

Por otro lado, el apéndice 1 del anexo 16 también permite la afectación de los valores medidos con la incertidumbre de medición calculada según el procedimiento de la norma internacional ASME-PTC-6R y ASME-PTC-19.1, pero las mismas normas establecen que su objeto se limita a la estimación de un “intervalo de confianza aproximado” de las mediciones. En la ronda de auditorías ejecutadas en 2014, se recibió observación por parte de la firma auditora TECPRO S.A. de C.V., justificando la no afectación de los resultados con la incertidumbre con lo indicado en el capítulo 2.3 del texto “Incertidumbre de la Medición: Teoría y Práctica” Primera Edición (Sifredo Sáez Ruiz y Luis Font Avila).

11.2. Propuesta y detalle de numerales con cambios

Se propone la eliminación de las correcciones por condiciones operativas, siempre y cuando estas no sean impuestas a la unidad por el sistema durante la realización de la prueba, como la velocidad de giro y factor de potencia.

En cuanto a correcciones por condiciones ambientales, se propone establecer en el reglamento que las condiciones base deberán ser las reales medidas en el sitio en que se encuentra la planta y no las condiciones de garantía que indica el fabricante de la unidad.

Respecto al cálculo de incertidumbre de las mediciones, se propone eliminar la posibilidad de afectar los resultados de los ensayos con dicha incertidumbre, y dejarla solo como una estimación del rango dentro del cual se encuentra el valor real de las variables medidas.

El objetivo de la propuesta es alinear las correcciones aplicables con el objetivo del anexo 16 de representar la eficiencia real de las unidades durante su operación en el mercado mayorista salvadoreño, para reflejar su consumo de combustible real.

Adicionalmente, y ya que los parámetros ambientales son listados en el numeral 6.1 del apéndice 1 del anexo 16 como variables primarias que deben ser medidas con instrumental de precisión calibrado, la propuesta incluye la incorporación de la precisión mínima requerida para la aplicación de correcciones por parámetros ambientales, esto con base en lo establecido por la norma internacional ASME PTC-46.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|--|
| 4 | Modificar | 4.2 |
| 5 (6*) | Modificar | 5.9.2.6 (6.6.5.6*) |
| 1 del AP1 | Modificar | 1.2 |
| 3 del AP1 | Modificar | 3.1 bullets 1, 7 y 11 |
| | Eliminar | 3.1 bullet 3 |
| | Agregar | 3.1 bullet 6* |
| 5 del AP1 | Modificar | 5.4.2 (5.5.3.2*), 5.5.3.7 (5.4.3.7*), 5.5.1.2 (5.4.1.2*), 5.5.5.7 (5.4.5.8*), 5.5.6.3 (5.4.6.3*) |
| | Eliminar | 5.5.1.3, 5.5.1.4, 5.5.3.8, 5.5.5.8, 5.5.6.4 |
| 6 del AP1 | Agregar | 6.9*, 6.9.1* |
| 7 del AP1 | Modificar | 7.2.1 |
| 8 del AP1 | Modificar | Toda la sección |
| 10 del AP1 | Modificar | 10.1.1, , 10.1.6 (10.1.9*) literal h |
| 11 del AP1 | Eliminar | 11.4 |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

12. Aclaraciones sobre manejo de muestras de combustible

12.1. Justificación del cambio

En la sección 6.7.4 del Apéndice 1 del anexo 16 del ROBCP, se requiere que para llevar a cabo el análisis de Fuel-Oil y Gas-Oil, necesario para la determinación del consumo de calor de unidades generadoras, dos muestras de un litro sean tomadas de un solo tanque o partida de combustible, por el método de goteo. Las muestras deben ser tomadas durante el tiempo que dure la prueba. Una de ellas constituye un respaldo para el PM generador y la otra debe ser enviada a un laboratorio homologado, para su análisis.

Tras la experiencia de las auditorías realizadas, se ha evidenciado que además de los requerimientos previamente referidos, el ROBCP no establece lineamientos específicos para la recolección y manejo de las muestras de combustible, pudiendo las mismas estar sujetas a contaminación por una manipulación indebida, y derivar en resultados no representativos de consumo de combustible. Tampoco se especifica cuál debe ser el proceder ante resultados anómalos de los análisis de laboratorio realizados en ocasión de la auditoría. Esta situación ya se ha presentado para unidades generadoras del Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), pero no se ha podido identificar fehacientemente si la contaminación del combustible se ha dado por residuos de otras sustancias en los sistemas de alimentación de combustible a la unidad, o durante la toma y manipulación de la muestra hasta su llegada al laboratorio de análisis.

Ante los resultados de laboratorio que demostraban contaminación de combustible, el auditor decidió repetir la prueba de consumo de calor a la unidad generadora. Esta situación fue informada a SIGET mediante informe de regulación del primer semestre de 2015.

Adicionalmente, se ha identificado que algunos PM generadores se demoran en el envío de la muestra de combustible a análisis, lo que deriva en posibles retrasos en la entrega y revisión de los

informes correspondientes. La reglamentación no establece un plazo para el envío de la muestra a análisis ni indica que la UT debe ser notificada de esto, siendo un proceso que se realiza exclusivamente entre el PM generador y el auditor.

12.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone agregar en la reglamentación, elementos que dicten lineamientos generales para la selección y manejo de las muestras de combustible, así como la necesidad de repetir los ensayos ante resultados anómalos de su análisis de laboratorio. Así mismo, se agrega el requerimiento de que la muestra de combustible sea enviada para análisis a más tardar en las 48 horas posteriores a la finalización de los ensayos, debiendo notificarse a la UT cuando se tenga disponible el certificado de análisis resultante.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|------------------------------|
| 6 | Agregar | 6.6.4* |
| 6 AP1 | Modificar | 6.7.4 (6.8.4*) |
| | Agregar | 6.8.4.1*, 6.8.4.2*, 6.8.4.3* |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

13. Consideraciones especiales por restricciones y formato de presentación de resultados de las pruebas de arranque

13.1. Justificación del cambio

Algunas plantas térmicas del parque generador nacional presentan restricciones técnicas particulares en su proceso de arranque, por ejemplo, el no contar con equipos para precalentar el búnker, lo que les lleva a operar con diésel en tanto los gases de escape de las mismas unidades permiten llevar el combustible a la temperatura necesaria. Una de estas situaciones fue notificada a SIGET mediante informe de regulación correspondiente al segundo semestre de 2014. Este tipo de restricciones no están cubiertas en el procedimiento para los ensayos de arranque y detención que se detalla en el apéndice 4 del anexo 16, ni deberían estarlo, pues lo que ahí se detalla es un proceso de arranque estándar para cada tecnología. Lo anterior implica la necesidad de que el auditor ajuste el procedimiento de ensayo e identifique variables relevantes a monitorear, buscando que este, siendo acorde con las restricciones particulares que presenta la planta ensayada, permita obtener resultados representativos del gasto de combustible en que incurre durante su operación normal. Lo anterior se considera relevante ya que estos resultados son entrada para la aplicación del procedimiento de auditoría del anexo 17, influyendo directamente en la determinación del costo de arranque y detención.

Por otro lado, el formato del acta para presentación de resultados de los ensayos de arranque no incluye la energía generada durante los tiempos parciales, dato que es una entrada relevante del anexo 17, para calcular el consumo adicional de combustible durante un evento de arranque/detención, respecto al consumo eficiente de la máquina.

13.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone incorporar como consideración especial en el apéndice 4, que el auditor deba proponer ajustes al procedimiento de ensayo de arranque y detención, ante alguna limitación técnica o de diseño que presenten las unidades a ensayar. La propuesta de ajustes deberá ser sometida a la UT para su aprobación.

Se propone modificar el formato del acta de arranque y detención para incluir la energía generada en cada tiempo parcial considerado en la prueba. Lo anterior permitirá que este dato, importante para la ejecución del anexo 17, sea de fácil identificación y se encuentre debidamente oficializado.

Adicionalmente, se proponen aclaraciones en el título y objeto del Apéndice 4.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|-----------------------------|
| 6 (7*) | Modificar | 6.1 (7.1*) bullet 4 |
| 1 AP4 | Modificar | Título, 1.1 |
| 3 AP4 | Modificar | 3.3 |
| 9 AP4 | Modificar | 9.3 (9.2*) |
| | Eliminar | 9.2 |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

14. Procedimiento de aprobación del informe, vigencia y forma de entrega

14.1. Justificación del cambio

En el anexo 16 se establece el procedimiento de revisión del informe de auditoría, el cual contempla los tiempos para elaboración de este por parte del auditor, las formas de entrega y el periodo de revisión tanto por el PM generador, como por la UT.

Durante los diferentes procesos de revisión de los informes de auditoría, se ha evidenciado que algunos auditores no atienden completamente las observaciones emitidas por la UT en la primera revisión de los informes o que, ante la atención de estas, puede surgir la necesidad de emitir nuevas observaciones. Debido a la importancia de asegurar la calidad de los valores a aprobar, en algunas ocasiones se han tenido que realizar nuevas rondas de observaciones, debiéndose extender de forma extraordinaria los plazos reglamentarios establecidos. Además, algunos plazos deben ser revisados por haberse identificado durante la aplicación del procedimiento que siempre son menores a lo reglamentado, o que no pueden ser monitoreados por parte de UT, al no tener conocimiento del evento que marca su inicio.

Actualmente la reglamentación establece que, tanto la entrega preliminar como la final, debe ser a original y dos copias en físico, junto con el soporte magnético correspondiente. Sin embargo, se ha identificado que la entrega en digital resulta más ágil y eficiente al momento de hacer las revisiones.

En cuanto a la entrada en vigor de los valores aprobados en la auditoría, a pesar de que el anexo 16 la relaciona con la próxima actualización mensual de la programación anual se ha dado el caso en que los PMs han solicitado su entrada en vigor con la programación semanal inmediata siguiente, no identificando la UT impedimento técnico alguno para esto, siempre que se hayan cumplido todos los pasos previos.

Ligada con la posible extensión de plazos se encuentra la ambigüedad que surge en cuanto a la referencia para contar el período de vigencia de dos años de los valores a aprobar, es decir, si este plazo inicia con la vigencia real o con la fecha programada original, sin tomar en cuenta los retrasos. El contabilizar los dos años desde la vigencia real se traduce en desfases, que derivan en una reducción de la frecuencia con la que debe ser realizada la auditoría.

14.2. Propuesta y detalle de los cambios

Se propone agregar en la sección “Procedimiento de revisión del informe” la posibilidad de extender los plazos correspondientes al periodo de revisión, con el fin de asegurar la calidad del informe y de los valores a aprobar. Además, se propone reforzar que el informe preliminar debe ser remitido simultáneamente a la UT y al PM generador, debiendo este último enviar sus observaciones con copia a la UT. En cuanto al plazo para entrega del informe preliminar, se propone marcar su inicio con la finalización de los ensayos de consumo de calor, y no con la disponibilidad de resultados del análisis de combustible, ajustando el plazo de acuerdo con esto.

En cuanto al formato de entrega del informe preliminar y final, se proponen modificaciones para que este sea remitido en digital y con ello agilizar los periodos de entrega, y posibles rondas de revisión intermedias que se susciten durante el proceso.

Finalmente, con el fin de mantener la periodicidad de 2 años para la realización de los ensayos de consumo de calor, se propone detallar en las normas generales del anexo 16, que la vigencia de los valores aprobados debe ser contada desde la fecha ideal en que estos debieron entrar en vigor, es decir, el vencimiento de la auditoría anterior y que el PM generador deberá realizar las gestiones que procedan para que se tengan disponibles los valores de la auditoría ante el vencimiento de la anterior. Asimismo, se propone normar la posibilidad de que los valores aprobados entren en vigor con la próxima programación semanal, luego de su aprobación.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|---|
| 2 | Eliminar | 2.2 |
| | Agregar | 2.2*, 2.3* |
| 5(6*) | Modificar | 5.2 (6.2*), 5.6.3 (6.3.3*), 5.6.4 (6.3.4*), 5.9.2.6(6.6.5.6*), 5.9.5.1 (6.6.8.1*), 5.9.5.2 (6.6.8.2), 5.9.5.3 (6.6.8.3*), 5.9.5.5 (6.6.8.5*), 5.9.5.6 (6.6.8.6*), 5.9.5.7 (6.6.8.7*) y 5.9.5.11 (6.6.8.12*) |
| | Eliminar | 5.9.5.8, 5.9.5.9 |
| | Agregar | 6.6.8.8*, 6.6.8.9* y 6.6.8.10* |
| 10 AP1 | Modificar | 10.2.1.1 k), l) y m), 10.1.5 (10.1.4*) |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

15. Aspectos logísticos de la coordinación de ensayos de consumo de calor

15.1. Justificación del cambio

En diferentes secciones del anexo 16 se establecen requisitos para la correcta coordinación y realización de los ensayos de consumo de calor, entre ellos, elegir las unidades y cargas a ensayar, elaborar un listado de variables principales y secundarias a medir, y cumplir con cierta clase de precisión y vigencia de calibración de los equipos de medición. Es imprescindible que, previo a la fecha de realización de los ensayos, la UT haya validado el completo cumplimiento de estos requisitos. Sin embargo, el reglamento no establece explícitamente el requerimiento de remisión de esta información.

Un requisito que sí es establecido en el numeral 10 del apéndice 1 como uno de los aspectos logísticos a cumplir para la programación de las pruebas, es la solicitud por parte del PM generador para que la unidad a ensayar se considere indisponible para las programaciones semanal y diaria. Sin embargo, esto resulta demasiado explícito, pues dependiendo de la potencia que aporte la unidad ensayada al sistema, puede ser necesaria la modelación de su inyección según la curva de carga estimada. Adicionalmente, los equipos que comparten el sistema de medición comercial con la unidad a ensayar no pueden encontrarse generando al momento de realizar la prueba, y esto no se encuentra normado en el procedimiento actual.

Una vez realizados los ensayos de consumo de calor, se genera cierta información que es un valioso respaldo para la posterior revisión de los cálculos y resultados, algunos auditores prefieren recopilarla y enviarla justo después de haber finalizado los ensayos, mientras que otros la incluyen como anexo al informe de auditoría. Sin embargo, su entrega oficial no se encuentra como parte del actual procedimiento de auditoría.

Entre la información recopilada durante las pruebas están los formatos de toma manual de mediciones, cuya data es muchas veces utilizada no solo para validación, sino para los cálculos requeridos por el procedimiento, abriendo la puerta a que se susciten errores humanos, pues la reglamentación actual no delimita que la información para los cálculos debe provenir de las descargas digitales de registros de medidores.

15.2. Propuesta y detalle de cambios

Se propone incluir en el anexo 16, como parte de los aspectos logísticos para la programación de los ensayos de consumo de calor, la remisión de toda la documentación necesaria para verificar el cumplimiento de los requisitos. Similarmente, se propone incluir un formato de acta de asistencia a los ensayos, al que el auditor deberá adjuntarle la documentación generada durante su ejecución.

Aun cuando se oficialice la entrega de las hojas de toma de datos, deberá aclararse en la reglamentación que, siempre que sea técnicamente posible, todos los cálculos para determinar los resultados de la auditoría deben provenir de descargas digitales de los medidores utilizados, esto

para preservar la calidad y precisión de las variables medidas evitando la introducción de errores e imprecisiones innecesarios.

En cuanto a la modelación de las pruebas en las programaciones semanal y diaria, se propone aplicar generalizaciones para que sea la UT quien, en función de las características de cada unidad y prueba, decida la forma correcta para considerarlas.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|-----------------------------|
| 5 (6*) | Modificar | 5.9 (6.6*) |
| | Agregar | 6.6.1*, 6.6.3* |
| 6 (7*) | Modificar | 6.1 (7.1*) bullet 2 |
| 6 AP1 | Agregar | 6.3* |
| 10 AP1 | Modificar | 10.2.1.1 j) |
| | Agregar | 10.1.5*, 10.1.8* |
| | Eliminar | 10.1.3 |
| AP2 | Agregar | 2 |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

16. Calificación, recalificación e inhabilitación de auditores

16.1. Justificación del cambio

Dada la complejidad de las auditorías de consumo de calor, y la incidencia de sus resultados en el mercado mayorista, la UT por medio de la calificación del auditor, verifica que sean desarrolladas por profesionales con amplia experiencia comprobable en el área de la generación térmica de energía eléctrica, que cumplan con las normas éticas y el perfil técnico establecidos en el ROBCP. La metodología de evaluación de auditores se aplicó inicialmente con la entrada en vigor del anexo 16 y luego a demanda, en función de firmas de auditoría y auditores independientes que han solicitado su habilitación.

El anexo 16 actualmente considera solo la evaluación inicial de los auditores, no brindando instrumentos para que la UT realice recalificaciones o inhabilitaciones, las cuales se han identificado como necesarias para mantener correctamente actualizado el listado de auditores habilitados para realizar los trabajos asociados a dicho anexo. Por ejemplo, una de las empresas autorizadas cambió al auditor director de los ensayos, cuyo perfil técnico y experiencia había sido tomado en cuenta durante el proceso de evaluación, representando un porcentaje significativo para la habilitación de la firma de auditoría. Otra de las firmas de auditoría aprobadas, a pesar de contar con reconocida trayectoria y experiencia en ensayos similares, presentó reiterados retrasos en la elaboración de los informes técnicos y atención de observaciones emitidas por la UT y el PM generador.

Por otro lado, se reconocen algunas ambigüedades en la actual metodología de evaluación para habilitación de auditores, pues en algunas secciones se refiere al auditor como un profesional

independiente y en otras, toma en cuenta firmas de auditoría. Para firmas de auditoría no se detalla como considerar la experiencia, y cuándo esta debe ser ostentada por el auditor director de los ensayos o por todo el equipo que asistirá su realización. La vigencia de la experiencia es también una variable que hasta ahora no se considera en el procedimiento.

16.2. Propuesta y detalle de numerales con cambios

La propuesta de modificación contempla incorporar una nueva sección 5 en el Anexo 16, donde se contenga lo actualmente indicado en los numerales 5.3, 5.4 y 5.5 y se incluyan normas que habiliten a la UT para recalificar auditores por tener un período prolongado de inactividad, o por otras causas diversas, además de permitir la inhabilitación directa por el incumplimiento de plazos en el desarrollo de los trabajos de auditoría.

Adicionalmente, se propone introducir aclaraciones en la metodología de calificación de auditores, para aclarar su aplicación a firmas de auditoría y la vigencia de la experiencia de los involucrados.

| Sección | Tipo | Detalle de numerales |
|----------------|-------------|---|
| 2 | Modificar | 2.7 (2.8*) |
| 5 | Eliminar | 5.3, 5.4, 5.5 |
| 5* | Agregar | 5.1* (Incluyendo ideas de 5.3, 5.4.1 y 5.4.2), 5.4*, 5.5* |
| 5* | Modificar | 5.4.3 (5.2.1*), 5.5 (5.4*) |

**Numeración nueva, según propuesta con incorporación de cambios*

17. Otras correcciones de forma

Finalmente, se propone incorporar correcciones de forma a lo largo de todo el anexo 16 del ROBCP, que no cambian el sentido de este, sino que pretenden:

- Corregir el uso de mayúsculas iniciales para aplicarlo solo en nombres propios, por ejemplo, modificando “Informe Final” por “informe final”, “Auditor” por “auditor”, “Metodología” por “metodología”, etc.
- Uniformizar el uso de “PM generadores” en lugar de “Generadores” cuando el anexo no se refiere a los equipos sino al propietario de estos.
- Correcciones de puntuación. Por ejemplo: “esta” en lugar de “está” en el numeral 2.9 del anexo 16.
- Homologar el uso de iniciales TP y TC para los transformadores de medición, esto por orden y para evitar referirse a los transformadores de potencial como TV, pues estas siglas ya son usadas para las turbinas de vapor.
- Actualizar con nueva numeración las referencias que se hacen a otros numerales dentro del mismo anexo 16.