

## NORMA OPERATIVA N° 33

### PROCEDIMIENTO PARA MEDIR Y CALCULAR EL HEAT RATE DE UNIDADES DE GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA

#### 1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento de medición y cálculo para la determinación del Heat Rate de una unidad de generación termoeléctrica a cuatro niveles de carga: 60%, 75%, 90% y 100%, considerando un rango de temperaturas características del sitio en que está ubicada.

#### 2. BASE LEGAL

Ley de Electricidad N° 1604, Artículo 19, inciso c); Decreto Supremo N° 29549, Artículo 4, incisos a), b) y c) y Decreto Supremo N° 29624, Capítulo III, Sección I, Artículo 14, inciso a) y n).

#### 3. DEFINICIONES

**Unidad Generadora Termoeléctrica.** Es la unidad generadora accionada por turbinas a gas natural de ciclo simple, turbinas a gas natural de ciclo combinado, turbinas a vapor y motores diesel.

**Ensayos de Medición del Heat Rate.** Es el conjunto de pruebas que se efectúan para determinar los valores del Heat Rate, a diferentes niveles de carga, mediante un proceso de medición y su posterior cálculo.

**Heat Rate. (Consumo Específico).** Es la relación entre el consumo horario de calor y la potencia generada por la unidad, expresado en BTU/kWh.

**Rendimiento.** El rendimiento es un concepto inverso al consumo específico de combustible, expresado en kWh/l para un combustible líquido, kWh/m<sup>3</sup> para un combustible gaseoso o kWh/g para un combustible sólido.

**Eficiencia.** Es la relación entre la energía útil y la energía consumida, expresadas en las mismas unidades; p.e. kWh/kWh (resultando así adimensional y puede ser expresada en porcentaje).

**Poder Calorífico.** Es la cantidad de calor que se obtiene de la oxidación completa, a presión atmosférica, de los componentes de la unidad de masa (o volumen) de dicho combustible.



La Paz, 14 de septiembre de 2009

**Poder Calorífico Inferior o Bajo (Base Seca).** Es la cantidad de calor que puede obtenerse en la combustión completa de la unidad de combustible, si en los productos de la combustión el agua está en forma de vapor.

**Poder Calorífico Superior o Alto (Base húmeda).** En los productos de la combustión el agua aparece en forma líquida, por lo que se aprovecha todo el calor de oxidación de los componentes del combustible.

**Temperatura de Sitio del Ensayo:** Es el promedio de los valores de temperatura ambiente registrados durante el ensayo. Para el caso de las turbinas a gas y motores diesel, se considerará la temperatura del aire que ingresa al compresor o al motor diesel y; para el caso de las turbinas a vapor, la temperatura registrada del agua de refrigeración al ingreso al condensador.

**Normas Técnicas de Referencia:** Son aquellas que podrán ser utilizadas complementariamente para el ensayo y cálculo del Heat Rate, en las que se nombra:

En el caso de los motores a diesel, se referirán a las normas ISO-3046-1.

En el caso de las turbinas a gas, se referirán a la norma ISO 2314:1989.

En el caso de las turbinas a vapor, se referirán a las normas DIN1943, de febrero de 1975.

Con preferencia deberán usarse las versiones actualizadas, o normas homólogas, previa aceptación y publicación por el CNDC antes de su aplicación.

**Esquema de Principio.** Es un esquema que muestra los equipos principales y los flujos de los procesos que comprende el ciclo termodinámico de la unidad térmica.

#### 4. ORGANIZACIÓN DE LOS ENSAYOS ORDINARIOS Y EXTRAORDINARIOS

##### 4.1 Responsable de la Programación

El CNDC es el responsable de la programación de los ensayos ordinarios o extraordinarios para la determinación del Heat Rate.

##### 4.2 Partes que Intervienen y Funciones que Desempeñan

Las partes que deben intervenir son:

- El Agente Generador, responsable de la Unidad Generadora que efectuará a su costo los ensayos, brindará todas las facilidades de logística y equipos necesarios.

La Paz, 14 de septiembre de 2009

- El CNDC, que programará los ensayos, supervisará la correcta aplicación de los procedimientos y creará las condiciones operativas del sistema interconectado para realizar las mediciones.

Ambas partes designarán a sus representantes responsables. El representante del Agente Generador designará al Jefe de Medición, o ejercerá como tal, coordinando los aspectos técnicos con el representante del CNDC.

La Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE) podrá participar de los ensayos, si considera sea necesario.

### **4.3 Preparación del Ensayo**

El CNDC instruirá la realización del ensayo para la determinación del Heat Rate y la fecha de su ejecución. El programa de ensayos se pondrá en conocimiento de los Agentes del MEM y la AE al menos veinticinco (25) días calendario antes del inicio de las pruebas de campo.

El programa de ensayo será considerado en la programación semanal y diaria del predespacho. Sobre la base de dicha programación, el Agente Generador podrá solicitar al CNDC efectuar ajustes al predespacho en los períodos previo y posterior a las mediciones.

#### **4.3.1 Información Requerida**

El Agente Generador enviará al CNDC, quince (15) días antes de iniciarse las mediciones, la información listada a continuación:

- a) Pliego Técnico de las unidades nuevas, incluyendo las especificaciones técnicas, procedimientos de operación y el informe de resultados de las pruebas de recepción y puesta en operación;
- b) Esquemas de Principio de las instalaciones y de sus servicios auxiliares, mostrando los equipos principales y los flujos de los procesos que comprende el ciclo termodinámico de la unidad térmica;
- c) Esquemas de disposición de la central (vista de planta);
- d) Diagrama unifilar eléctrico de la central y unidades;
- e) Curvas de comportamiento de la potencia y el Heat Rate de la unidad térmica en función de los siguientes parámetros: altitud, temperatura ambiente y otros que se convenga entre partes.
- f) Características técnicas de los medidores de energía con sus respectivos certificados de calibración.
- g) Diagrama unifilar del sistema de combustible
- h) Características técnicas de los medidores de combustible con sus respectivos certificados de calibración.



La Paz, 14 de septiembre de 2009

#### **4.3.2 Inspección en el Sitio**

Antes de iniciar el ensayo, la central de generación estará sujeta a una inspección de reconocimiento o verificación, a cargo de las partes que intervienen en el ensayo en forma conjunta, de:

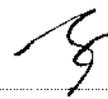
- a) Datos de placa de los componentes de las unidades generadoras de la central.
- b) La ubicación y estado operativo de los principales equipos y sistemas auxiliares que forman parte de la unidad generadora.
- c) Características de los instrumentos y puntos de medición y registro de la potencia y otras variables eléctricas, mecánicas y ambientales.
- d) La inexistencia de conexiones para servicios auxiliares antes de los bornes del generador y otras condiciones que contravengan las disposiciones generales del ensayo.
- e) El punto de medición de la potencia, energía y factor de potencia, debe ser ubicado en la salida de los bornes del generador.
- f) El o los puntos de medición de flujo de combustible (verificar si el medidor de flujo de combustible registra el consumo neto).

#### **4.3.3 Ubicación de los Puntos de Medición**

Para la ubicación de los puntos de medición debe tomarse como referencia lo siguiente:

##### **a) Turbinas a Gas**

- Temperatura del aire de ingreso al compresor: si se cuenta con instrumentos de medición de temperatura apropiados, éstos deberán estar instalados después de los filtros; en caso contrario, se deberá instalar termómetros delante de los filtros en tres puntos distintos (uno de frente y dos a los costados del ducto).
- Potencia, energía y factor de potencia: En la salida de los bornes del generador.
- La temperatura y consumo neto de combustible: en la línea de alimentación a la cámara de combustión.
- Cuando corresponda a turbinas a gas en ciclo combinado debe considerarse además:
  - Temperatura del agua de enfriamiento: A la entrada del condensador.
  - Potencia, energía y factor de potencia: En la salida de los bornes del generador.
  - La temperatura y consumo neto de combustible adicional: en la línea de alimentación a la cámara de combustión.



**b) Motor Diesel.**

- Temperatura del aire de ingreso al motor: En la zona de admisión del aire.
- Potencia, energía y factor de potencia: En la salida de los bornes del generador.
- La temperatura y consumo neto de combustible: en la línea de alimentación de ingreso al motor.

**4.3.4 Elaboración del Plan Detallado del Ensayo**

El Jefe de Mediciones designado por el Agente Generador, elaborará el Plan Detallado del Ensayo y presentará al representante del CNDC para su consideración 72 horas antes al ensayo. Las variables a ser medidas, deben ser definidas con el representante del CNDC y de acuerdo a esta norma.

El Plan Detallado del Ensayo debe contener la siguiente información:

- a) El esquema de disposición de instrumentos, las características; y
- b) La distribución de funciones del personal que participará de los ensayos.

El Plan del ensayo, tendrá en cuenta las particularidades, situación de la central y de cada unidad respetando las consideraciones informadas en su pliego técnico referidas a la potencia efectiva de dichas unidades y/o de la central. El Plan deberá ser incluido en el Informe Final.

Excepcionalmente, para los parámetros que no puedan ser medidos de manera directa, podrán emplearse procedimientos indirectos de medición, los cuales serán definidos en coordinación con el representante responsable del CNDC.

Las variables adicionales que puedan ser medidas deben ser definidas con el representante del CNDC.

**4.3.5 Magnitudes a Medir**

Las magnitudes a medir son las que se indican a continuación:

- a) Potencia eléctrica.
- b) Energía eléctrica producida por la unidad.
- c) Factor de Potencia.
- d) Consumos de Combustible.
- e) Temperaturas de combustible.
- f) Temperatura del aire de ingreso al compresor.
- g) Temperatura del agua de enfriamiento.

La Paz, 14 de septiembre de 2009

### **Determinación del Poder Calorífico Inferior**

Determinar el Poder Calorífico Inferior del combustible utilizado durante los ensayos, tomando en cuenta el siguiente procedimiento específico:

1. El Agente en coordinación con el CNDC seleccionará quince (15) días antes de las pruebas, el laboratorio que se encargará de la toma de muestras y el análisis correspondiente. Este laboratorio deberá estar homologado por las autoridades competentes.
2. El Agente remitirá, con cinco (5) días de anterioridad a la fecha del ensayo, el nombre del técnico designado para la toma de muestras.
3. El día del ensayo, se tomará dos (2) muestras de combustible, una antes y otra al final de las pruebas.
4. Con los resultados del análisis efectuado de las muestras, el Agente deberá remitir el informe del Laboratorio, el mismo que deberá contener la siguiente información:
  - Análisis cromatográfico en porcentaje volumétrico o molar que incluya el contenido de hidrocarburos (metano, etano, propano, isobutano, n-butano, isopentano, n-pentano, hexano y heptano), oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).
  - Peso molecular.
  - Gravedad específica.
  - Poderes caloríficos superior e inferior (HHV y LHV).

En casos especiales, los representantes del Agente Generador y del CNDC determinarán otros parámetros a ser medidos, con el objeto de posibilitar la ejecución adecuada del ensayo.

#### **4.3.6 Requisitos Mínimos de la Instrumentación**

Es responsabilidad de los Agentes Generadores disponer de equipos de medición apropiados.

Las condiciones mencionadas deben ser verificadas por el CNDC, dentro de un marco de razonabilidad sobre la necesidad y disponibilidad a precisar por el representante del CNDC.

Para parámetros eléctricos: la clase de los medidores debe cumplir los requerimientos establecidos en el anexo 1 de la Norma Operativa No 8 "Sistema de Medición Comercial – SMEC"; los mismos deberán contar con certificados de calibración vigentes, expedidos por laboratorios de calibración, empresas o instituciones reconocidas y aceptadas por las partes.

La Paz, 14 de septiembre de 2009

Los instrumentos destinados a medir las demás magnitudes de control, deberán permitir un adecuado seguimiento de las condiciones de estabilidad durante el ensayo.

La clase de los instrumentos de medición, deberán seguir las especificaciones indicadas en las normas de referencia, siendo como mínimo:

**Para Consumo de Combustible Gaseoso.** Se utilizará el medidor de flujo propio de la unidad, con clase  $\pm 1\%$  o mejor.

**Para Consumo de Combustible Líquido.** Se utilizará el medidor de flujo propio de la unidad, con clase  $\pm 0,5\%$ .

**Para Temperatura de Combustible.** Se utilizará un Termómetro de mercurio, con clase  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

En caso de que la unidad no disponga de instrumentos propios, se utilizaran instrumentos portátiles, de la misma clase y considerando lo siguiente:

**Accesibilidad.** Los puntos de medición deben ser accesibles y contar con alimentación de energía eléctrica.

**Idoneidad.** Para garantizar una medición óptima con mínimo error, los puntos de medición deben respetar las limitaciones de los propios instrumentos impuestas por los fabricantes.

**Seguridad.** Los puntos de medición deben estar ubicados en lugares que no representen peligros, tanto para los instrumentos como para el personal que los opera.

#### 4.3.7 Fecha y Hora del Ensayo

La fecha y hora programada para la ejecución de los ensayos será confirmada por el CNDC con 7 días de anticipación al Agente Generador y a la AE.

#### 4.3.8 Duración de los Ensayos

El ensayo se efectuará durante 15 minutos para cada carga considerada (100%, 90%, 75% y 60%).

El tiempo que se recomienda para variar y estabilizar cualquier carga será de 15 minutos o el que se desprende de las recomendaciones (tasas de incremento o de bajada de carga, MW/minuto y tiempos de estabilización) del fabricante.

La Paz, 14 de septiembre de 2009

## **5. EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS**

### **5.1 Ensayo Preliminar**

En coordinación entre partes (Agente - CNDC) se realizará un ensayo preliminar a fin de establecer que:

- a) La unidad generadora esté apta para la ejecución del ensayo.
- b) La instrumentación se encuentre en buenas condiciones.
- c) Los participantes se familiaricen con el procedimiento de ensayo.

Después de realizado el ensayo preliminar que tendrá como máximo una duración de media hora, se procederá a la ejecución del ensayo definitivo por acuerdo de partes.

La inspección a realizarse antes de la ejecución del ensayo, tiene como propósito verificar que las unidades se encuentren dispuestas para el ensayo definitivo.

### **5.2 Ejecución del Ensayo**

Para la ejecución del ensayo, es necesario establecer que:

- a) La hora de inicio del ensayo debe tener una sola referencia de base de tiempo, en este caso se sincronizará con la hora universal registrada en el Centro de Despacho de Carga (CDC) del CNDC. Los instrumentos que dispongan de esta funcionalidad, deberán sincronizarse con esta referencia.
- b) De acuerdo al cronograma planteado en el Plan Detallado de los Ensayos, el ensayo se iniciará con la apertura del Acta de Ensayo y la comunicación al CDC, a cargo del Jefe de Medición. Los datos serán registrados por el Jefe de Medición en las Planillas de Mediciones que se adjuntan en el Anexo 1.
- c) La medición se realizará en condiciones estables, es decir cuando se ha alcanzado un equilibrio, y las magnitudes a medir no varíen significativamente con el tiempo.
- d) En la operación en tiempo real, el CDC procurará que la unidad generadora sujeta a medición opere de manera que en el nodo de inyección los niveles de voltaje y la frecuencia sean próximos al valor nominal y dentro de los límites establecidos en las Condiciones de Desempeño Mínimo.
- e) Si durante el desarrollo del ensayo se presentase alguna falla que afecte la condición del ensayo de la unidad en proceso de medición y/o los sistemas de medición, las mediciones resultantes serán descartadas en acuerdo entre partes. En caso de que la falla imposibilite la realización del ensayo el representante del CNDC reprogramará un nuevo ensayo.

La Paz, 14 de septiembre de 2009

- f) Cuando el ensayo no sea satisfactorio, condición que debe ser determinada por el representante del CNDC, será necesario realizar un segundo ensayo, que puede efectuarse inmediatamente o, en su defecto, ser diferido para otra ocasión. La determinación de realizarlo inmediatamente, será decidida por el Jefe de Medición y el representante del CNDC en coordinación con el CDC. De no haber consenso, se reprogramará un nuevo ensayo.

### **5.3 Validez del Ensayo**

Para que el ensayo sea válido se requiere que los datos registrados sean consistentes entre sí y que el margen de error posible, atribuible a la instrumentación utilizada en el ensayo, no exceda el 2%. Cualquier inconsistencia puede ser absuelta por consenso entre los representantes responsables de las dos partes.

### **5.4 Condiciones Generales para el Ensayo**

Los ensayos deben efectuarse operando la unidad con el factor de potencia que determine el sistema en el punto de conexión.

### **5.5 Acta del Ensayo**

Al final del ensayo se levantará el Acta del Ensayo, que será suscrita por los representantes del Agente y del CNDC.

El Acta de Ensayo debe contener la siguiente información:

- a) Nombre de la Empresa Generadora
- b) Nombre de la Central de Generación
- c) Nombre o Número de la Unidad ensayada
- d) Nombre del Jefe de Medición, de los integrantes del equipo de ensayo, del representante del CNDC y el representante del Agente Generador.
- e) Fecha y hora de apertura del Acta
- f) Datos técnicos de la turbina o motor (máquina motriz)
  - Fabricante
  - Modelo
  - Número de serie de la unidad
  - Potencia Nominal
  - Velocidad de rotación nominal
- g) Datos técnicos del Generador eléctrico
  - Fabricante
  - Modelo
  - Número de serie de la unidad
  - Potencia Nominal
  - Velocidad de rotación nominal
  - Factor de potencia del generador

La Paz, 14 de septiembre de 2009

- h) Número de circuitos paralelos
- i) Hora del arranque de la unidad
- j) Número de intentos de arranque
- k) Hora de inicio del ensayo
- l) Hora de finalización del ensayo
- m) Todos los datos medidos de acuerdo al numeral 4.3.5
- n) Observaciones

## **6. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En el Anexo 2, se incluye la Metodología de Cálculo aplicable a los diferentes tipos de unidad térmica.

Los resultados finales deben incluir el análisis del margen de error total (sistemático y aleatorio) en el cálculo del Heat Rate.

## **7. OPORTUNIDAD**

Los ensayos ordinarios se realizarán cada tres años calendario, coincidiendo con los ensayos programados en la Norma Operativa N° 32 "Procedimiento para Medir y Determinar la Potencia Efectiva de Unidades de Generación Termoeléctrica, Consumos Propios y Pérdidas".

Los ensayos extraordinarios se efectuarán cuando a juicio del CNDC o de la propia Empresa Generadora, existan razones para considerar que la potencia de alguna(s) unidad(es) que conforma(n) la central pueda(n) haber sufrido un deterioro relativamente importante o cuando la unidad ha sido repotenciada o se haya efectuado cualquier mejora en cualquier componente de la unidad o la central. Todos estos casos serán causales para verificar el Heat Rate de la unidad.

La oportunidad también podrá ser determinada por la AE.

## **8. INFORME DEL ENSAYO**

Concluido el Ensayo, el Jefe de Medición, debe determinar, mediante los cálculos respectivos y siguiendo los procedimientos establecidos, el Heat Rate de las unidades ensayadas. Debe además estimar e indicar en su informe el margen de error de sus resultados, partiendo de la clase de los instrumentos empleados.

El Informe Final será suscrito por el Jefe de Medición y será presentado al representante del Agente Generador y al representante del CNDC para su análisis y en caso de existir observaciones, deberán ser absueltas por el Jefe de Medición.



La Paz, 14 de septiembre de 2009

El Agente Generador en un plazo máximo de quince (15) días calendario después del ensayo realizado, presentará oficialmente al CNDC el informe final. El CNDC tiene un plazo máximo de quince (15) días calendario para observaciones y el Agente, diez (10) días calendario para levantarlas. El informe final debe estar acompañado de todos los cálculos, así como los detalles del mismo, y debe ser enviado en medio magnético, incluyendo el plan detallado del ensayo. Toda la información debe ser enviada también a la AE.

#### **9. COSTOS MARGINALES DURANTE LAS MEDICIONES**

Durante los periodos de medición del Heat Rate, los costos marginales del Sistema serán determinados aplicando la Norma Operativa N° 3 "Determinación de costos marginales, remuneración y asignación de costos de energía", considerando a las unidades o centrales en proceso de medición en Régimen de Prueba.

#### **10. VIGENCIA**

Los resultados de los ensayos del Heat Rate de las unidades termoeléctricas tienen vigencia hasta que se efectúe un nuevo ensayo ordinario o extraordinario, una vez aprobados los informes finales por el CNDC, en las condiciones determinadas por la presente norma.

#### **11. MODIFICACIONES**

Cualquier modificación a esta norma será efectuada por el CNDC y aprobada por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad en concordancia al Artículo 4 del Decreto Supremo N° 29549.



**ANEXO 1**



Calle Comba # 865  
Tel: 501-4-425-9523  
Fax: 501-4-425-9513  
E-mail: cnrc@cnrc.bo  
Cochabamba - Bolivia

**Medición de Magnitudes para el Cálculo del Heat Rate de Unidades Termoeléctricas**

N° de Informe: \_\_\_\_\_  
Fecha de Emisión: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**1. DATOS GENERALES:**

|            |                  |
|------------|------------------|
| AGENTE:    |                  |
| UBICACIÓN: | UNIDAD/GRUPO N°: |

**2. CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO EMPLEADO:**

| CARACTERÍSTICAS | MEDICIONES    |               |                                    |                        |             |
|-----------------|---------------|---------------|------------------------------------|------------------------|-------------|
|                 | MEDIDOR (kWh) | MEDIDOR (kWh) | TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO (°C) | CONSUMO DE COMBUSTIBLE |             |
|                 |               |               |                                    | GASEOSO (MPCSY)        | LÍQUIDO (l) |
| MARCA:          |               |               |                                    |                        |             |
| MODELO:         |               |               |                                    |                        |             |
| N° FABRICA:     |               |               |                                    |                        |             |
| CLASE:          |               |               |                                    |                        |             |
| INCERTIDUMBRE:  |               |               |                                    |                        |             |
| N° CERTIFICADO: |               |               |                                    |                        |             |
| TRAZABILIDAD:   |               |               |                                    |                        |             |

**3. DATOS DE REFERENCIA**

| NORMA DE REFERENCIA   | PROCEDIMIENTO EMPLEADO |
|-----------------------|------------------------|
| Norma Operativa N° 33 |                        |

**4. MEDICIÓN OBTENIDA EN CAMPO PARA PRUEBAS DE POTENCIA A PLENA CARGA:**

| DATOS GENERALES |       |     |            |      | MEDICIONES    |               |                                    |                 |             | VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA COMBUSTIBLE (°C) |
|-----------------|-------|-----|------------|------|---------------|---------------|------------------------------------|-----------------|-------------|--|
| Carga (M)       | FECHA | Día | Lectura    | Hora | ENERGÍA (kWh) | POTENCIA (kW) | TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO (°C) | GASEOSO (MPCSY) | LÍQUIDO (l) |  |
| 100             |       |     | Inicio     |      |               |               |                                    |                 |             |  |
|                 |       |     | Fin        |      |               |               |                                    |                 |             |  |
| 90              |       |     | Inicio     |      |               |               |                                    |                 |             |  |
|                 |       |     | Fin        |      |               |               |                                    |                 |             |  |
| 75              |       |     | Inicio     |      |               |               |                                    |                 |             |  |
|                 |       |     | Fin        |      |               |               |                                    |                 |             |  |
| 60              |       |     | Inicio     |      |               |               |                                    |                 |             |  |
|                 |       |     | Fin        |      |               |               |                                    |                 |             |  |
|                 |       |     | Diferencia |      |               |               |                                    |                 |             |  |
|                 |       |     | Máximo     |      |               |               |                                    |                 |             |  |
|                 |       |     | Mínimo     |      |               |               |                                    |                 |             |  |
|                 |       |     | Promedio   |      |               |               |                                    |                 |             |  |

**5. OBSERVACIONES**

\_\_\_\_\_

Nombre completo y firma  
Jefe de Mediciones

Nombre completo y firma  
Representante AGENTE

Nombre completo y firma  
Representante CNDC

**ANEXO 2**

**Metodología de Cálculo para la determinación del Heat Rate  
de una Unidad Termoeléctricas**

Pasos que se siguen para el Cálculo del Heat Rate

| PASO<br>N° | DESCRIPCIÓN   |
|------------|---|
| 1          | Verificar que la temperatura de combustible no exceda variaciones de $\pm 3$ °C   |
| 2          | <p>Para cada carga considerada (y en un lapso de 15 minutos por carga); se determinará el consumo de combustible y la energía producida y; aplicando las siguientes fórmulas se determinará el Heat Rate correspondiente. Previamente debe obtenerse los resultados del laboratorio para conocer el Poder calorífico del combustible (superior).</p> <p><u>Para combustibles líquidos</u></p> <p>HR = Consumo Combustible (l) x Poder Calorífico (BTU/l) / Energía generada (kWh)</p> <p><u>Para combustibles gaseosos</u></p> <p>HR = Consumo Combustible (m<sup>3</sup>) x Poder Calorífico (BTU/m<sup>3</sup>) / Energía generada (kWh)</p> <p>La eficiencia se halla aplicando la siguiente fórmula:</p> <p><math>\eta = 3412,14 / \text{HR}(\text{BTU}/\text{kWh}) \times 100 \%</math></p> <p>Estos resultados reflejan los valores del Heat Rate a la temperatura del sitio de ensayo que para este caso será determinada como el valor promedio de las temperaturas registradas durante todo el período de mediciones (es decir 1 hora que es la suma de los 15 minutos por cuatro cargas).</p> |
| 3          | Los valores, se llevan luego a cualquier temperatura de sitio mediante las respectivas curvas de fabricante, obteniéndose así la tabla final que relaciona el Heat Rate con las temperaturas de sitio usuales.  |
| 4          | Finalmente se pueden presentar las curvas correspondientes tanto del Heat Rate como de la Eficiencia con la temperatura de sitio.   |

