

**RESOLUCIÓN AE N° 094/2009**  
**TRÁMITE N° 105**  
La Paz, 10 de agosto de 2009

**TRÁMITE:** Aprobación de la Norma Operativa N° 32, propuesta por el Comité Nacional de Despacho de Carga.

**SÍNTESIS RESOLUTIVA:** Se aprueba la Norma Operativa N° 32, referida al "Procedimiento para Medir y Determinar la Potencia Efectiva de las Centrales de Generación Termoeléctrica, Consumos Propios y Pérdidas", propuesta por el Comité Nacional de Despacho de Carga.

**VISTOS:**

La solicitud de aprobación de la Norma Operativa N° 32, formulada por el Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC), mediante nota CNDC-1015-09, de 5 de junio de 2009 y el Informe de la Dirección del Mercado Eléctrico Mayorista AE-DMY N° 020/2009, de 5 de agosto de 2009, y todo lo demás que ver convino,

**CONSIDERANDO: (Base Legal)**

Que el Artículo 18 de la Ley N° 1604, de 21 de diciembre de 1994, de Electricidad, crea el Comité Nacional de Despacho de Carga, como responsable de la coordinación de la Generación, Transmisión y Despacho de Carga a costo mínimo en el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Que el inciso h) del Artículo 3 del Reglamento de Operación del Mercado Eléctrico (ROME), aprobado mediante Decreto Supremo N° 26093, de 2 de marzo de 2001, concordante con el inciso n) del Artículo 14 del Reglamento de Funciones y Organización del CNDC, aprobado mediante Decreto Supremo N° 29624, de 2 de julio de 2008, establecen como función del CNDC, proyectar Normas Operativas, obligatorias para los Agentes del Mercado, que determinen los procedimientos y las metodologías para operar el Mercado y administrar las transacciones del Mercado.

Que de acuerdo al Artículo 4 del ROME, modificado mediante Decreto Supremo N° 29549, de 8 de mayo de 2008, elaborado el proyecto de Norma Operativa, el CNDC debe remitir el proyecto a la Superintendencia de Electricidad, para su aprobación, previo análisis, facultando al Organismo Regulador incorporar modificaciones al proyecto remitido por el CNDC.

Que mediante Decreto Supremo N° 29894, de 7 de febrero de 2009, se dispuso la extinción de la Superintendencia de Electricidad y mediante Decreto Supremo N° 0071, de 9 de abril de 2009, se creó la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE) para las fiscalización, control y regulación del sector eléctrico, entidad que asume las atribuciones y competencias de la ex Superintendencia de Electricidad, en lo que no contravenga a lo dispuesto por la Constitución Política del Estado.

**CONSIDERANDO: (Antecedentes)**

Que el CNDC, en sesión ordinaria N° 254, de 5 de junio de 2009, mediante Resolución 254/2009-4, aprobó el proyecto de Norma Operativa N° 32 "Procedimiento para Medir y Determinar la Potencia Efectiva de las Centrales de Generación Térmica, Consumos Propios y Pérdidas", la misma que fue remitida al Organismo Regulador para su aprobación, mediante nota CNDC – 1015-09, recepcionada el 9 de junio de 2009.

Que la Dirección del Mercado Eléctrico Mayorista de la Autoridad de Fiscalización Y Control Social de Electricidad (AE), mediante Informe AE-DMY N° 020/2009, de 5 de agosto de 2009, realizó el análisis del proyecto de Norma Operativa N° 32 remitido por el CNDC.

**CONSIDERANDO: (Análisis).**

Que revisado y analizado el proyecto de Norma Operativa N° 32 remitido por el CNDC, la Dirección del Mercado Eléctrico Mayorista de la AE, de conformidad al procedimiento previsto para la aprobación de la Norma Operativa, incorporó modificaciones de forma que permiten aclarar y puntualizar la propuesta, las cuales se describen en el punto 2.3 del Informe AE-DMY N° 020/2009.

Que en el Informe AE-DMY N° 020/2009, se señala que el proyecto de Norma Operativa propuesto por el CNDC para su aprobación, se basa en el informe de la Consultora CENERGIA, contratada por el CNDC para la elaboración de una propuesta de Norma Operativa para medir y calcular la capacidad efectiva y rendimiento de las unidades generadoras del SIN, Consultora que de acuerdo al Informe UO-13/08 aprobado en la sesión N° 234 del CNDC, consideró las observaciones y aclaraciones de los Agentes del Mercado Eléctrico Mayorista.

Que de acuerdo al análisis e incorporaciones efectuadas al proyecto de Norma Operativa N° 32, la Dirección del Mercado Eléctrico Mayorista de la AE, en el Informe AE-DMY N° 020/2009, establece que el "Procedimiento para Medir y Determinar la Potencia Efectiva de las Centrales de Generación Termoeléctrica, Consumos Propios y Pérdidas" describe con precisión el procedimiento a seguir para la medición de las potencias efectivas de unidades termoeléctricas, así como los consumos propios, ventas directas y pérdidas de las centrales termoeléctricas del SIN; por lo que recomienda su aprobación en razón de que se encuentra de acuerdo a las disposiciones legales en vigencia.

**CONSIDERANDO: (Competencia de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad).**

Que, el Artículo 138 del Decreto Supremo N° 29894 dispuso, entre otros, la extinción de la Superintendencia de Electricidad, en el plazo de sesenta (60) días y estableció

**RESOLUCIÓN AE N° 094/2009**

**TRÁMITE N° 105**

La Paz, 10 de agosto de 2009

que las competencias y atribuciones de la misma sean asumidas por los Ministerios correspondientes o por una nueva entidad a crearse por norma expresa. En tal sentido, se aprobó el Decreto Supremo N° 0071, el cual, en el Artículo 3 determina la creación de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad - AE, estableciendo que las atribuciones, competencias, derechos y obligaciones de las ex Superintendencias Sectoriales serán asumidas por las Autoridades de Fiscalización y Control Social en lo que no contravenga a lo dispuesto por la Constitución Política del Estado.

Que, de acuerdo a las citadas disposiciones, corresponde que la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad, asuma la competencia de la ex Superintendencia de Electricidad para la aprobación de Normas Operativas propuestas por el CNDC.

**CONSIDERANDO: (Conclusión)**

Que, por todo lo expuesto, en mérito a las consideraciones del informe AE-DMY N° 020/2009, emitido por la Dirección del Mercado Eléctrico Mayorista de la AE, se concluye que la Norma Operativa N° 32 "Procedimiento para Medir y Determinar la Potencia Efectiva de las Centrales de Generación Termoeléctrica, Consumos Propios y Pérdidas" propuesta por el CNDC, con las modificaciones incorporadas en oportunidad de su revisión y análisis, está de acuerdo a la normativa vigente.

Que, mediante Resolución AE-Interna N° 028/2009, de 5 de agosto de 2009, se designó a Mario Guerra Magnus, como Director Ejecutivo Suplente.

**POR TANTO:**

El Director Ejecutivo Suplente de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad, en atención a las consideraciones del Informe AE-DMY N° 020/2009, de 5 de agosto de 2009 y en ejercicio de las facultades y atribuciones conferidas por la Ley de Electricidad, su reglamentación, el Decreto Supremo N° 0071 y demás disposiciones legales vigentes,

**RESUELVE:**

**PRIMERO.-** Aprobar la Norma Operativa N° 32 "Procedimiento para Medir y Determinar la Potencia Efectiva de las Centrales de Generación Termoeléctrica, Consumos Propios y Pérdidas" para su aplicación por el Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC) y los Agentes del Mercado, que en Anexo forma parte de la presente Resolución.

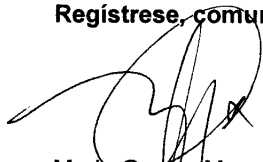
**RESOLUCIÓN AE N° 094/2009**

**TRÁMITE N° 105**

La Paz, 10 de agosto de 2009

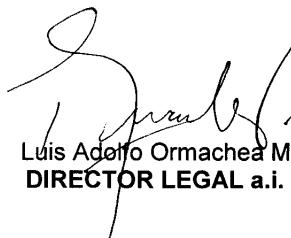
**SEGUNDO.-** Remítase copia de las actuaciones que respaldan la presente Resolución al Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas del Ministerio de Hidrocarburos y Energía, de conformidad al inciso c) del Artículo 4 del ROME, modificado mediante Decreto Supremo N° 29549, de 8 de mayo de 2008.

**Regístrese, comuníquese y archívese.**



Mario Guerra Magnus  
**DIRECTOR EJECUTIVO  
SUPLENTE**

Es conforme:



Luis Adolfo Ormachea M.  
**DIRECTOR LEGAL a.i.**



C.C.R.

**NORMA OPERATIVA N° 32**

**PROCEDIMIENTO PARA MEDIR Y DETERMINAR LA POTENCIA EFECTIVA  
DE UNIDADES DE GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA,  
CONSUMOS PROPIOS Y PÉRDIDAS**

**1. OBJETIVO**

Establecer el procedimiento de medición y cálculo, para la determinación de la potencia efectiva de las unidades generadoras termoeléctricas que forman parte y las que se integren al Sistema Interconectado Nacional (SIN), en condiciones de temperatura del sitio en que estén ubicadas.

Determinar la potencia total de los consumos propios, pérdidas por transformación y transmisión y ventas directas, comprendidos entre los puntos donde se mide la potencia efectiva y los puntos de inyección al Sistema Troncal de Interconexión (STI).

**2. BASE LEGAL**

Ley de Electricidad N° 1604, Artículo 19, inciso c). Decreto Supremo N° 29549, Artículo 4, incisos a), b) y c) y Decretos 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 de la Potencia Efectiva de una Unidad Generadora.** Es el conjunto de pruebas que se efectúan para determinar la potencia efectiva de una unidad generadora, mediante un proceso de medición y su posterior cálculo.

**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 del condensador.

**Potencia Nominal del Grupo Turbina - Generador.** Es la potencia activa determinada por el fabricante en la etapa de diseño y que figura en sus placas de características. Si la turbina (o motor) y el generador, en el sitio de instalación,

tienen potencias nominales diferentes, se tomará la menor para la potencia nominal del grupo.

**Potencia Efectiva de la Unidad Generadora.** Es la potencia máxima continua, medida en bornes de generador, que la unidad es capaz de suministrar a la red operando en las condiciones de temperatura, humedad y presión atmosférica del sitio en que está instalada, sin sobrepasar los límites establecidos por el fabricante para operación normal, ni alterar los intervalos normales para el mantenimiento establecidos.

**Sobrecarga.** Es el exceso entre la potencia instantánea en bornes de generación de las unidades y la Potencia Nominal del Grupo Turbina - Generador.

**Condiciones de Potencia Efectiva.** Son las condiciones cuando la unidad opera a potencia máxima continua, manteniendo la temperatura estable, la velocidad nominal de rotación de la(s) turbina(s), correspondiente a 50 Hz y al factor de potencia del nodo (en el momento del ensayo) al cual está conectada la unidad.

**Potencia Efectiva de Ensayo.** Es el promedio de los valores de potencia media, obtenidos a partir de medidas integradas, en intervalos de 15 minutos y durante un lapso de 3 horas.

**Ensayo Ordinario.** Es el ensayo que se realiza por primera vez y periódicamente, de acuerdo con este procedimiento, para determinar la potencia efectiva de centrales termoeléctricas.

**Ensayo Extraordinario.** Es aquel ensayo que se realiza, cuando existan razones para considerar que la potencia de alguna unidad hubiese experimentado alguna modificación importante en su potencia efectiva.

**Normas Técnicas de Referencia:** Son aquellas que podrán utilizarse complementariamente para el ensayo y cálculo de la potencia efectiva, 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.

**Consumos Propios.** Es la potencia consumida por una central o subestación (servicio local) necesaria para llevar a cabo su proceso productivo, incluyendo la potencia consumida en sus oficinas, instalaciones y campamentos.

**Ventas Directas.** Es la potencia suministrada a clientes directos del Agente Generador antes de su entrega al MEM.

**Pérdidas por Transmisión.** Son las pérdidas de potencia que se producen en transformadores y líneas de transmisión que conectan las unidades generadoras con los puntos de inyección al MEM.

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

##### **4.1 Responsable de la Programación**

El CNDC es el responsable de la programación de Ensayos Ordinarios o Extraordinarios para la determinación de la Potencia Efectiva.

##### **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.
- 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 de potencia efectiva, pérdidas, consumos propios y ventas directas, y la fecha de su ejecución. El programa de ensayos se pondrá en conocimiento de los Agentes del MEM, 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. Basado en 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;
- c) Esquemas de disposición de planta;
- d) Diagrama unifilar eléctrico de la central y de las unidades;
- e) Curvas de comportamiento de la potencia y el Heat Rate de una unidad térmica con diversos parámetros como altitud, temperatura ambiente y otros que se convenga entre las partes;
- f) Características técnicas de los medidores de energía con sus respectivos certificados de calibración;
- g) Características técnicas de los instrumentos de medición de temperatura (cojinetes y estator) y presión.

#### **4.3.2 Inspección en el Sitio**

- Antes de iniciar el ensayo, la unidad generadora 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 y factor de potencia, debe ser ubicado en la salida de los bornes del generador.

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

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

- a) Turbinas a Gas.



La Paz, 10 de agosto de 2009

- 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 eléctrica y factor de potencia: En la salida de los bornes del generador.

**b) Turbinas a Vapor.**

- Temperatura del agua de enfriamiento: A la entrada del condensador.
- Potencia eléctrica y factor de potencia: En la salida de los bornes del generador

**c) Motor Diesel.**

- Temperatura del aire de ingreso al motor: En la zona de admisión del aire.
- Potencia eléctrica y factor de potencia: En la salida de los bornes del generador.

**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 y 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**

**l) Turbinas a Gas.**

- a) Magnitudes que intervienen en el cálculo de la potencia efectiva.
- Potencia eléctrica producida por la unidad.
  - Factor de potencia.
  - Temperatura del aire de ingreso al compresor.
  - Consumo de combustible, si corresponde.
- b) Magnitudes que intervienen en el control de estabilidad de ensayo.
- Velocidad de rotación
  - Presión barométrica
  - Temperatura del aire de ingreso al compresor.
  - Temperatura del combustible.
  - Presión de descarga del compresor.
  - Presión de ingreso del fluido de trabajo.
  - Temperatura de los gases a la salida de la turbina.
  - Voltaje
  - Frecuencia
  - Temperatura de los cojinetes (eventualmente).
  - Temperatura de devanados del estator (eventualmente)
  - Nivel de vibraciones (eventualmente).
- II) Turbinas a Vapor.
- a) Magnitudes que intervienen en el cálculo de la potencia efectiva.
- Potencia eléctrica producida por la unidad.
  - Factor de potencia.
  - Temperatura del agua de enfriamiento que ingresa al condensador
  - Consumo de combustible, si corresponde.
- b) Magnitudes que intervienen en el control de estabilidad de ensayo.
- Presión de vapor vivo.
  - Temperatura de vapor vivo.
  - Presión de extracciones.
  - Presión de descarga del vapor en el escape
  - Temperatura de recalentamiento.
  - Flujo de agua de refrigeración.
  - Temperatura de entrada del agua de refrigeración.
  - Temperatura de agua precalentada.
  - Velocidad de rotación.
  - Voltaje
  - Frecuencia
  - Temperatura de cojinetes (eventualmente).
  - Temperatura de devanados del estator (eventualmente)
  - Nivel de vibraciones (eventualmente).
- III) Motor Diesel
- a) Magnitudes que intervienen en el cálculo de la potencia efectiva.
- Potencia eléctrica producida por la unidad.

- Factor de potencia.
  - Temperatura del aire antes del ingreso a la admisión.
  - Consumo de combustible, si corresponde.
- b) Magnitudes que intervienen en el control de estabilidad de ensayo.
- Velocidad de rotación
  - Presión barométrica
  - Temperatura del aire de ingreso al compresor o del múltiple de admisión.
  - Temperatura del combustible.
  - Temperatura de los gases de escape.
  - Voltaje
  - Frecuencia
  - Temperatura de los cojinetes (eventualmente).
  - Temperatura de devanados del estator (eventualmente)
  - Nivel de vibraciones (eventualmente).

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.

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 Temperatura Ambiente, se utilizará un termómetro de mercurio, psicrómetro o estación meteorológica, con clase  $\pm 0,5\%$ .

En el caso de emplear instrumentos portátiles, su ubicación debe considerar 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 peligro, tanto para los instrumentos como para el personal que los opera.

#### **4.3.7 Fecha y Hora del Ensayo**

Las fechas y horas programadas para la ejecución del ensayo serán confirmadas por el CNDC con 7 días de anticipación al Agente Generador.

#### **4.3.8 Duración de los Ensayos**

El ensayo se efectuará en forma continua por un lapso de 3 horas, obteniéndose registros integrados de potencia cada 15 minutos.

### **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 presentes 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:

**ANEXO A LA RESOLUCIÓN AE N° 094/2009  
TRÁMITE N° 105**

La Paz, 10 de agosto de 2009

- 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 de Jefe de Medición. Los datos serán registrados por el Jefe de Medición en las Planillas de Mediciones que se adjuntan en los Anexos 1 y 2.
- 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 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.
- 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 realizar inmediatamente, será efectuada 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**

#### **5.3.1 Por Error Admisible en la Medición de la Potencia**

Para que el ensayo sea válido, se requiere que los datos registrados sean consistentes entre sí y que el margen de error en la determinación de la potencia efectiva determinado por el ensayo no exceda el 1.5% del promedio. Cualquier inconsistencia puede ser absuelta por consenso entre los representantes de las dos partes.

### **5.3.2 Por Mantener Condiciones de Estabilidad**

Para que el ensayo sea válido, debe realizarse manteniendo la unidad en ensayo en condiciones de estabilidad mecánica y eléctrica; lo cual se puede verificar si se hace un control de las fluctuaciones de las diferentes variables que se indican en la condiciones para el ensayo (numeral 5.4) de esta norma, según la tecnología de la unidad.

## **5.4 Condiciones para el Ensayo**

### **5.4.1 Condiciones Generales**

Los máximos niveles admisibles de las fluctuaciones de los diferentes parámetros que definen la condición de estabilidad, que se requiere para los ensayos, son los siguientes:

- a) Las fluctuaciones en la potencia no deben exceder del 1.5% de su valor promedio.
- b) Las fluctuaciones de la temperatura del aire ambiente (aplicable a motores diesel y turbinas a gas) no excedan  $\pm 2$  °C.
- c) Las fluctuaciones de la temperatura del agua de enfriamiento (aplicable a turbinas a vapor de condensación) no excedan  $\pm 15$  °K.
- d) Las fluctuaciones de la temperatura en cojinetes del generador y devanados del estator no deben exceder de sus valores nominales recomendados por el fabricante.

Los ensayos deben efectuarse estando la unidad operando a las condiciones del factor de potencia del nodo donde se encuentra conectada.

En el Anexo 1 se indica el formato correspondiente a la planilla: "Medición de Magnitudes para el Cálculo de la Potencia Efectiva de Unidades Térmicas".

Las mediciones que no cumplan con estas condiciones serán descartadas.

Si como resultado del ensayo se obtiene como mínimo 7 de las 12 mediciones que cumplen con las condiciones de estabilidad, se valida el ensayo. En caso de no lograrse las 7 mediciones se invalida el ensayo, debiendo en este caso repetirse el mismo.

### **5.4.2 Condiciones Particulares**

Se considera que los parámetros asociados a la prueba se han estabilizado cuando las variaciones de los mismos se encuentran dentro de los siguientes límites:

**ANEXO A LA RESOLUCIÓN AE N° 094/2009**

**TRÁMITE N° 105**

La Paz, 10 de agosto de 2009

**a) Turbinas a Gas**

| PARÁMETROS                                    | VARIACIÓN                                       |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Velocidad de rotación                         | $\pm 1\%$                                       |
| Presión barométrica                           | $\pm 1\%$                                       |
| Temperatura del aire al ingreso del compresor | $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$                 |
| Temperatura del combustible                   | $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$                 |
| Presión de descarga                           | $\pm 1\%$                                       |
| Presión de ingreso del fluido de trabajo      | $\pm 1\%$ del equivalente absoluto del promedio |
| Temperatura a la salida de la turbina         | $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$                 |

Durante el ensayo, la unidad generadora, no deberá operar con el modo de control por temperatura.

**b) Motor Diesel**

| PARÁMETROS                                                               | VARIACIÓN                       |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Velocidad de rotación                                                    | $\pm 1\%$                       |
| Presión barométrica                                                      | $\pm 1\%$                       |
| Temperatura del aire al ingreso del compresor o del múltiple de admisión | $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Temperatura del combustible                                              | $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Temperatura de los gases de escape                                       | $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ |

**c) Turbinas a vapor**

| PARÁMETROS                                                                    | VARIACIÓN                        |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Presión de vapor vivo                                                         | $\pm 5\%$                        |
| Temperatura del vapor vivo                                                    | $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Presión de extracciones                                                       | $\pm 5\%$                        |
| Presión de descarga del vapor:                                                |                                  |
| - Contrapresión                                                               | $\pm 5\%$                        |
| - Condensación                                                                | $\pm 25\%$                       |
| Temperatura de recalentamiento                                                | $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{K}$ |
| Caída isoentrópica de entalpía                                                | $\pm 7\%$                        |
| Potencia al eje                                                               | $\pm 7\%$                        |
| Flujo de agua de refrigeración                                                | $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{K}$ |
| Temperatura de entrada del agua de refrigeración                              | $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{K}$  |
| Temperatura de agua precalentada                                              | $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{K}$ |
| Velocidad de rotación                                                         | $\pm 5\%$                        |
| Máximo de fugas de vapor en circuito cerrado, como porcentaje del vapor vivo: |                                  |
| - Centrales convencionales                                                    | $\pm 0.6\%$                      |

En el Anexo 2, se indica el formato de planilla de registro correspondiente a cada tipo de unidad generadora.

## **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 del 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
  - Número de pares de polos
- 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 a ser medidos especificados en esta norma operativa.
- n) Observaciones.

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

En el Anexo 3, se incluye la Metodología de Cálculo de la potencia efectiva de las unidades con turbinas a gas y turbinas a vapor.

## **7. OPORTUNIDAD**

Los ensayos ordinarios se realizan cada tres años calendario.



Los ensayos extraordinarios se efectuarán cuando a juicio del CNDC o de un Agente Generador, existan razones para considerar que la potencia o rendimiento de la unidad puede haber sufrido un deterioro relativamente importante o cuando la unidad ha sido repotenciada, que aconseja verificar la capacidad de la unidad.

En caso de obtenerse potencias efectivas superiores a la potencia nominal del Grupo Turbina - Generador, el Agente deberá presentar y demostrar a satisfacción del CNDC la razón del incremento y que estos resultados no corresponden a una condición de sobrecarga.

La oportunidad también podrá ser determinada por la AE.

#### **8. MEDICIONES DE CONSUMOS PROPIOS, PÉRDIDAS DE POTENCIA Y VENTAS DIRECTAS**

Por las características del sistema, la medición de consumos propios, ventas directas y pérdidas se realizan en forma conjunta por diferencia entre la potencia efectiva en bornes de generador (promedio de 15 minutos) y los medidores del SMEC ubicados en los puntos de inyección que realiza el agente al MEM.

Las mediciones serán efectuadas en horas de máxima demanda diaria del SIN y con las unidades en condiciones de potencia efectiva.

El periodo de medición será de una hora con registros cada 15 minutos.

Los consumos propios y ventas directas serán determinados mediante la medición en periodos de máximo consumo. En caso de que no se disponga de medidores de energía y potencia apropiados, el Agente deberá instalarlos en forma previa al ensayo.

Las pérdidas de transformación y de transmisión serán calculadas en base a la información de medición en bornes de generador, ventas directas, consumos propios, el sistema de medición comercial u otros que hubiesen sido instalados para ese efecto.

En forma complementaria, los agentes podrán acordar con el CNDC la instalación de otros medidores y puntos de medición adicionales para mejorar los resultados de las mediciones, el Agente deberá instalarlos al menos 72 horas antes y las características deberán ser incluidas en el Plan de Desarrollo del Ensayo. La hora será sincronizada con la hora del sistema, en aquellos equipos que dispongan de esta funcionalidad.

## **9. INFORME DEL ENSAYO**

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

El Agente Generador en un plazo máximo de 15 días calendario después del ensayo realizado presentará oficialmente al CNDC el informe final. El CNDC tiene un plazo máximo de 15 días calendario para presentar sus observaciones y el Agente, 10 días calendario para levantarlas 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.

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

Durante los periodos de medición de la Potencia Efectiva, 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.

## **11. VIGENCIA**

La potencia efectiva de la Unidad Generadora entra en vigencia a partir de la fecha de aprobación del Informe del Ensayo por parte del CNDC y tendrá validez 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.

## **12. MODIFICACIONES**

Cualquier modificación a esta norma será efectuada por el CNDC y aprobada por la Autoridad de Fiscalización y Control Social, en concordancia al Artículo 4 del ROME.



## Medición de Magnitudes para el Cálculo de la Potencia Efectiva de Unidades Termoeléctricas

N° de Informe: \_\_\_\_\_

Fecha de Emisión: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## 1. DATOS GENERALES:

AGENTE: \_\_\_\_\_ UBICACIÓN: \_\_\_\_\_ UNIDAD/GRUPO N°: \_\_\_\_\_

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO EMPLEADO:

MARCA: \_\_\_\_\_ CLASE: \_\_\_\_\_  
 MODELO: \_\_\_\_\_ INCERTIDUMBRE: \_\_\_\_\_  
 N° FABRICA: \_\_\_\_\_ N° CERTIFICADO: \_\_\_\_\_  
 AÑO FABRICACIÓN: \_\_\_\_\_ TRAZABILIDAD: \_\_\_\_\_

## 3. DATOS DE REFERENCIA

NORMA DE REFERENCIA: \_\_\_\_\_ PROCEDIMIENTO EMPLEADO: \_\_\_\_\_  
 Norma Operativa N° 32

## 4. MEDICIÓN OBTENIDA EN CAMPO:

| Medida N°<br>(1) | FECHA | Día | Hora | PARAMETROS ELÉCTRICOS* |                            |    |  | VARIABILIDAD DE LA<br>POTENCIA (N) | CONDICIONES AMBIENTALES      |                                              | VARIABILIDAD DE<br>TEMPERATURA (N) |
|------------------|-------|-----|------|------------------------|----------------------------|----|--|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|
|                  |       |     |      | Potencia<br>(kW)       | Potencia<br>Nómina<br>(MW) | PF |  |                                    | Temperatura del Aire<br>(°C) | Temperatura del Agua de Enfriamiento<br>(°C) |                                    |
| 1                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 2                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 3                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 4                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 5                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 6                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 7                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 8                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 9                |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 10               |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 11               |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 12               |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 13               |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 14               |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| 15               |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| Máximo           |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| Mínimo           |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |
| Promedio         |       |     |      |                        |                            |    |  |                                    |                              |                                              |                                    |

(1) Nota: Se debe contar con un mínimo de 7 mediciones válidas.

(1) Aplicable a Turbinas a Gas y Motores Diesel.

(2) Aplicable a Turbinas a Vapor y Ciclo Combinado.

## 5. OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Nombre completo y firma  
 Jefe de Mediciones

\_\_\_\_\_  
 Nombre completo y firma  
 Representante AGENTE

\_\_\_\_\_  
 Nombre completo y firma  
 Representante CNDC

ANEXO 2-1



**Medición de Magnitudes para el Control de Estabilidad durante los Ensayos a Turbinas a Gas Natural**

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

**1. DATOS GENERALES:**

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

**2. CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO EMPLEADO:**

| CARACTERÍSTICAS | INSTRUMENTOS EMPLEADOS PARA EFECTUAR LAS MEDICIONES |                           |                           |                                  |                                     |             |
|-----------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------|
|                 | VELOCIDAD (RPM)                                     | PRESIÓN BAROMÉTRICA (Bar) | TEMPERATURA DEL AIRE (°C) | TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE (°C) | TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE (°C) | VOLTAJE (V) |
| MARCA:          |                                                     |                           |                           |                                  |                                     |             |
| MODELO:         |                                                     |                           |                           |                                  |                                     |             |
| N° FABRICA:     |                                                     |                           |                           |                                  |                                     |             |
| CLASE:          |                                                     |                           |                           |                                  |                                     |             |

**3. DATOS DE REFERENCIA**

|                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| NORMA DE REFERENCIA   | PROCEDIMIENTO EMPLEADO |
| Norma Operativa N° 32 |                        |

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

| DATOS GENERALES |       |     |      | MEDICIONES      |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
|-----------------|-------|-----|------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| Medida N°       | FECHA | Día | Hora | VELOCIDAD (RPM) | PRESIÓN BAROMÉTRICA (Bar) | TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE (°C) | PRESIÓN FLUIDO TRABAJO AL INGRESO (Bar) | PRESIÓN FLUIDO TRABAJO A LA DESCARGA (Bar) | TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE (°C) | VOLTAJE (V) |
| 1               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 2               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 3               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 4               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 5               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 6               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 7               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 8               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 9               |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 10              |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 11              |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 12              |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 13              |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 14              |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| 15              |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| Máximo          |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| Mínimo          |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |
| Promedio        |       |     |      |                 |                           |                                  |                                         |                                            |                                     |             |

(\*) Nota: Se debe contar con un mínimo de 7 mediciones válidas.

**5. OBSERVACIONES**

---



---



---

|                                                        |                                                          |                                                        |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| _____<br>Nombre completo y firma<br>Jefe de Mediciones | _____<br>Nombre completo y firma<br>Representante AGENTE | _____<br>Nombre completo y firma<br>Representante CNDC |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

NOTA: Esta planilla es válida para el procedimiento de Medición de la Capacidad Efectiva de Unidades de Generación

[illegible]

Nombre completo y firma  
Representante CNDC

Página 1 de 1

**ANEXO 3- 1**

**Metodología de Cálculo para la determinación de la Potencia Efectiva y Cuadro de Potencia Efectiva versus Temperaturas de Sitio de Turbinas a Gas**

Pasos que se siguen para el Cálculo de la Potencia Efectiva

| <b>PASO<br/>N°</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | Verificar la validez de las mediciones de potencia y temperatura, de acuerdo al punto 5.3. de la presente Norma.                                                                                                                                                                    |
| 2                  | Verificar que los registros del Anexo 2-1, cumplen con la condición de estabilidad del ensayo, de acuerdo al punto 5.4.2.a) de la presente Norma.                                                                                                                                   |
| 3                  | Determinar el factor de Corrección por diferencia de temperatura medida con la temperatura de Sitio de ensayo.<br>Disponer de la curva de fabricante: Temperatura del aire de ingreso al compresor versus el factor de corrección, considerando una temperatura base de referencia. |
| 4                  | En base a la curva anterior se determina una nueva curva que relaciona la diferencia de Temperatura Vs. Potencia, con esta, se determina la Potencia efectiva de sitio de ensayo.                                                                                                   |
| 5                  | Con esta última curva se halla la tabla que relaciona la potencia con las temperatura ambiente, usuales del sitio.                                                                                                                                                                  |

**ANEXO 3-2**

**Metodología de Cálculo para la determinación de la Potencia Efectiva y Cuadro de Potencia  
Efectiva versus Temperaturas de Sitio  
de Turbinas a Vapor**

Pasos que se siguen para el Cálculo de la Potencia Efectiva

| <b>PASO<br/>N°</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | Verificar la validez de las mediciones de potencia y temperatura, de acuerdo al punto 5.3. de la presente Norma.                                                                                                                                                                                                         |
| 2                  | Verificar que los registros del Anexo 2-2, cumplen con la condición de estabilidad del ensayo, de acuerdo al punto 5.4.2.c) de la presente Norma.                                                                                                                                                                        |
| 3                  | Determinar el factor de corrección por diferencia de temperatura medida con la temperatura de Sitio de ensayo.<br>Disponer de la curva de fabricante: Temperatura de agua de ingreso al condensador versus el factor de corrección, considerando una temperatura base de referencia, que en este caso corresponde a 20°C |
| 4                  | En base a la curva anterior se determina una nueva curva que relaciona la diferencia de Temperatura Vs. Potencia, con esta, se determina la Potencia efectiva de sitio de ensayo.                                                                                                                                        |
| 5                  | Con esta última curva se halla la tabla que relaciona la potencia con las temperatura ambiente, usuales del sitio.                                                                                                                                                                                                       |