



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **Medir y Analizar Variables en Sistemas de Cogeneración**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A**

José Miguel López Franco

**ASESOR DE INFORME**

M. en I. Francisco Daniel Soria Villegas



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017**

## **Jurado asignado:**

Presidente: M.I. Ramón Sandoval Peña

Vocal: M.I. Francisco Daniel Soria Villegas

Secretario: M.I. Silvina Hernández García

1er. Suplente: Ing. Juan Antonio Sandoval Rodríguez

2do. Suplente: Dr. Rodrigo Alberto Rincón Gómez

“Por mi raza hablará el espíritu”

Cd. Universitaria, Cd. Mx. septiembre 2017.

*“Hay cosas que sentimos en la piel, otras que vemos con los ojos, otras que nomás nos laten en el corazón.” ----- Carlos Fuentes*

## Dedicatoria

A mi madre María de Lourdes Franco Hernández que con su esmero, paciencia y cariño forjó los cimientos de mi educación; y me guio con sus enseñanzas para enfrentar la adversidad durante mi vida, sin olvidar los desvelos en los que me acompañó durante la carrera.

A mi padre Miguel Benito López Hernández que con su cariño y sus consejos me ayudó a persistir para alcanzar mis metas y ser una mejor persona; quien madrugaba para llevarme a la parada del camión hacia la escuela todos los días.

Sin duda a ellos les agradezco y les dedico todos mis logros.

*“Yo no pinté mis sueños, pinté mi realidad,  
porque era lo único que conocía.” -----Frida Kahlo*

## Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi segunda casa, por permitirme ser parte de ella.

Agradezco a la Facultad de Ingeniería por mi formación profesional como Ingeniero Mecánico.

Agradezco al Ing. Francisco Daniel Soria Villegas, asesor de este informe, por guiarme e instruirme pacientemente al realizar el presente trabajo.

Agradezco al Ing. Ramón Sandoval Peña por ser mi maestro de la carrera, jefe en el trabajo, compañero y amigo. Le agradezco la oportunidad que me brindó para colaborar con él, de igual manera le agradezco sus enseñanzas en el ámbito profesional.

Agradezco al Ing. José Alberto Sánchez Rivera y a mis compañeros de trabajo por enseñarme durante mis actividades laborales, sin su ayuda hubiera sido más difícil.

Agradezco a mis sinodales: M.I. Ramón Sandoval Peña, M.I. Francisco Daniel Soria Villegas, M.I. Silvina Hernández García, Ing. Juan Antonio Sandoval Rodríguez y Dr. Rodrigo Alberto Rincón Gómez; por dedicar tiempo en revisar mi trabajo de titulación.

Agradezco a mis abuelitos por todo su cariño que me han brindado, por cuidarme, consentirme y aconsejarme.

Agradezco a mis hermanas por su apoyo, complicidad y los momentos divertidos que hemos tenido.

Agradezco a todos mis amigos de la universidad, preparatoria y secundaria por apoyarme y acompañarme en los momentos más gratificantes de mi vida siempre dibujando una sonrisa al recordarlos.

De igual manera agradezco a mis familiares que de alguna forma hicieron posible terminar la carrera.

*“La autocrítica está muy bien, mientras no tenga que ver con uno mismo.” -----Carlos Monsiváis*

## Índice

<b>Lista de abreviaturas.....</b>	<b>VI</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>IX</b>
<b>Capítulo 1. Perfil de la empresa.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la empresa.....	2
1.2 Visión.....	2
1.3 Misión.....	3
1.4 Localización de las oficinas.....	3
1.5 Proyectos realizados por CGE.....	3
1.6 Estructura organizacional.....	4
1.6.1 Descripción de las áreas.....	4
1.7 Descripción de mis actividades profesionales.....	5
<b>Capítulo 2. Normatividad en procesos de cogeneración.....</b>	<b>6</b>
2.1 Regulación en el sector eléctrico.....	7
2.1.1 Marco institucional.....	7
2.1.2 Marco regulatorio.....	9
2.2 Definición de cogeneración.....	11
2.2.1 Beneficios de la cogeneración.....	13
2.3 Definición de cogeneración eficiente.....	13
2.3.1 Disposiciones regulatorias sobre la cogeneración eficiente....	13
2.3.2 Acreditación de sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente.....	14
2.3.3 Conceptos de las variables energéticas.....	15
2.3.4 Criterios de eficiencia de la CRE.....	15
2.3.5 Vigencia de acreditación.....	16
2.3.6 Beneficios de la cogeneración eficiente.....	16
2.3.6.1 Banco de energía.....	17
<b>Capítulo 3. Mi participación en proyectos de medición.....</b>	<b>21</b>
3.1 Objetivos de los proyectos de medición.....	22
3.2 Proyectos de medición.....	22
3.2.1 Central de cogeneración con motores de combustión interna (MCI's).....	22

3.2.2 Central de cogeneración con turbinas de gas (TG).....	23
3.3 Actividades desarrolladas en proyectos de medición.....	23
3.4 Cálculos.....	33
3.4.1 Nomenclatura.....	33
3.4.2 Memoria de cálculo de central de cogeneración con MCI's....	33
3.4.3 Memoria de cálculo de central de cogeneración con TG.....	37
3.4.4 Formulas.....	38
3.4.5 Resultados.....	41
3.4.5.1 Resultados de central de cogeneración con MCI's....	41
3.4.5.2 Resultados de centra de cogeneración con TG.....	41
<b>Capítulo 4. Estructura de Informe.....</b>	<b>43</b>
4.1 Resumen ejecutivo.....	44
4.2 Introducción.....	44
4.3 Descripción del proceso de cogeneración.....	44
4.4 Mediciones y toma de muestras.....	44
4.5 Cálculo y análisis de resultados.....	44
4.6 Apéndice.....	44
<b>Conclusiones.....</b>	<b>46</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>48</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>51</b>
Anexo A.....	52
Anexo B.....	55
Anexo C.....	59
Anexo D.....	69
Anexo E.....	71
Anexo F.....	78
Anexo G.....	89

## Lista de abreviaturas

CENACE: Centro Nacional de Control de Energía.

CFE: Comisión Federal de Electricidad.

CGE: Consultoría y Gestoría Energética, S.A. de C.V.

Condiciones ISO: Condiciones nominales de diseño que son de 15 °C, 60% de humedad relativa y presión al nivel del mar.

CRE: Comisión Reguladora de Energía.

DOF: Diario Oficial de la Federación.

DTI: Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

E: Energía eléctrica neta.

Eg: Potencia eléctrica neta generada.

F: Combustible.

H: Calor útil o energía térmica.

HRSG's: Calderas de recuperación (Heat recovery steam generation).

LAERFTE: Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

LIE: Ley de la Industria Eléctrica.

LSPEE: Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

MCI's: Motores de combustión interna

MEM: Mercado Eléctrico Mayorista.

P: Presión.

PCI: Poder Calorífico Inferior.

Permisionario: Persona física o moral que es titular de un permiso de generación eléctrica otorgado por la Comisión Reguladora de Energía.

PRODESEN: Programa de Desarrollo del SEN.

Resolución RES/003/2011: Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente.

Resolución RES/291/2012: Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.

RGD: Redes Generales de Distribución.

RNT: Red Nacional de Transmisión.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SEN: Sistema Eléctrico Nacional.

Sistema de cogeneración: Central de generación de energía eléctrica con proceso de cogeneración, conforme a lo establecido en la fracción II del artículo 36 de la LSPEE.

T: Temperatura.

TAG: Número de dispositivo.

TG: Turbinas de gas.

V: Flujo Volumétrico.

# Objetivos:

## Objetivo general

- Reportar mis actividades profesionales en el campo de la cogeneración, durante mi estancia en la empresa Consultoría y Gestoría Energética, S.A. de C.V. (CGE), en la cual apliqué los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica.

## Objetivos particulares

- Medir las variables energéticas: Combustible (F), Energía eléctrica neta (E), Calor útil o Energía térmica (H) para la acreditación de los sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente.
- Medir las variables secundarias: Presión (P), Temperatura (T), Flujo volumétrico (V), y Potencia eléctrica neta generada ( $\dot{E}_g$ ).
- Determinar las variables energéticas en función de las variables secundarias.
- Analizar las variables secundarias en el sistema de cogeneración para la obtención de las variables F, E y H.
- Calcular por año el consumo de combustible y el aprovechamiento de la energía térmica para la producción anual de energía eléctrica en sistemas de cogeneración.
- Realizar los diagramas de proceso indicando los puntos de medición, tablas de instrumentos y memoria de cálculo para el proceso de cogeneración.
- Presentar la estructura del informe correspondiente a los resultados obtenidos de la medición y análisis de las variables energéticas para la acreditación de sistemas eficientes de cogeneración como cogeneración eficiente.

# Introducción

El campo de energía es un sector impulsado en los últimos años con el objetivo de desarrollar y mejorar el suministro eléctrico a precios competitivos, promoviendo el uso racional y eficiente de la energía y, la diversificación de fuentes primarias, así como se menciona en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.

Como resultado de lo anterior, se ha dado mayor importancia a las energías renovables respecto a las convencionales. La cogeneración es tratada como energía renovable cuando cumple con los términos y criterios de eficiencia emitidos por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), denominándose cogeneración eficiente.

Un sistema de cogeneración al ser considerada como cogeneración eficiente trae consigo beneficios regulatorios que la hace más rentables para quienes operan este tipo de sistemas, además de tomar en cuenta que por sí misma tiene una mayor eficiencia y menor emisión de contaminantes a la atmosfera, en comparación a los sistemas convencionales.

Actualmente el sector industrial se ha interesado en instalar centrales de cogeneración con el objetivo de aprovechar los beneficios antes descritos, cabe mencionar que esto implica cumplir con obligaciones que representa la operación de dichas centrales bajo la normatividad establecida, parte de ella dio pauta para que empresas como Consultoría y Gestoría Energética, S.A. de C.V. (CGE) brinde sus servicios al sector energético, con diferentes funciones, una de las cuales es realizar la medición de variables energéticas en sistemas de cogeneración para su acreditación como cogeneración eficiente ante la CRE.

Este informe describe las actividades que realicé durante mi estancia en CGE, orientadas al área energética de cogeneración, describiendo el perfil de la empresa en la que llevé acabo mis actividades profesionales, la normatividad en el ámbito de la cogeneración eficiente, y el desarrollo de habilidades adquiridas para medir y analizar las variables energéticas de dos proyectos en centrales de cogeneración.

En resumen, este documento expone parte de mi experiencia en el ámbito laboral dentro del sector eléctrico que muestra la evolución de mis capacidades y competencias con base en mi formación académica.

# CAPÍTULO 1

## Perfil de la empresa

“No hay fuerza más poderosa que la mente humana  
y quien domina la mente lo domina todo.” -----Kalimán

Este capítulo describe las características de la empresa donde laboré desarrollando proyectos de medición; su misión, visión, estructura organizacional y los servicios que provee la empresa, y de manera breve otras actividades adicionales en las que participe a lo largo de mi estancia profesional de un año y dos meses.

## 1.1 Descripción de la empresa

CGE es la empresa donde desarrolle mis actividades profesionales, cuyo objeto social es la medición de variables energéticas en sistemas de cogeneración de conformidad con las disposiciones generales, bajo la autorización de la CRE, como parte del proceso para acreditar sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente. Actualmente CGE renovó su autorización para hacer la medición de variables energéticas en sistemas de cogeneración mediante la resolución RES/1129/2017 de fecha 15 de junio de 2017 (Ver Anexo E). Con esto CGE se cataloga como una de las dos entidades autorizadas en realizar dicha medición en centrales de cogeneración a nivel nacional.

Los servicios adicionales de la empresa son: análisis energéticos, consultaría y gestión de permisos necesarios ante instituciones de gobierno para la operación de centrales eléctricas, su logotipo se muestra en la Fig. 1.1.



Fig. 1.1 Logo de CGE.

## 1.2 Visión

La visión de CGE es ser líder a nivel nacional en dar respuestas a las necesidades energéticas de las empresas de los diferentes sectores industriales, además de realizar la medición de variables energéticas en sistemas de cogeneración para su acreditación como de cogeneración eficiente.

## **1.3 Misión**

Ofrecer estudios de viabilidad de proyectos eléctricos, obtención de autorizaciones necesarias para la operación de centrales de generación eléctrica y medición de variables energéticas en sistemas de cogeneración con el fin de satisfacer las necesidades de sus clientes.

## **1.4 Localización de las oficinas**

Las oficinas de CGE se ubican en Calle Trovador, No. 59, Col. Colinas del Sur, Álvaro Obregón, Ciudad de México, C.P. 01430.

Teléfonos de contacto: (55) 5602 3605  
(55) 3924 6907  
(55) 5189 0677

Correo: r\_sandoval@yahoo.com

## **1.5 Proyectos realizados por CGE**

Los servicios que ofrece la empresa van dirigidos a todos los interesados en operar y regularizar sus centrales eléctricas, para ello CGE utiliza las herramientas que ofrece el marco legal en materia de energía.

Los trabajos desarrollados por la empresa son los siguientes:

- Gestión más de 150 permisos de generación de energía eléctrica bajo el esquema de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), y el esquema de la nueva Ley de la Industria Eléctrica (LIE), ante la CRE.
- Gestión de diversos estudios y contratos de interconexión de centrales eléctricas a la red del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), ante Comisión Federal de Electricidad (CFE), y el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).
- Elaboración de manifestaciones de impacto ambiental del sector eléctrico ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

- Desde su autorización para hacer mediciones de variables energéticas en el 2014, CGE ha realizado seis proyectos de medición de variables energéticas en sistemas de cogeneración para su acreditación como cogeneración eficiente.
- Actualmente CGE participa en el comité de normalización para la expedición de disposiciones que regulen la acreditación de cogeneración eficiente aplicado bajo el esquema de la LIE.

## 1.6 Estructura organizacional

La estructura organizacional de CGE se muestra en el organigrama de la Fig. 1.2 donde se observan las cinco áreas involucradas de la empresa para brindar un mejor servicio.

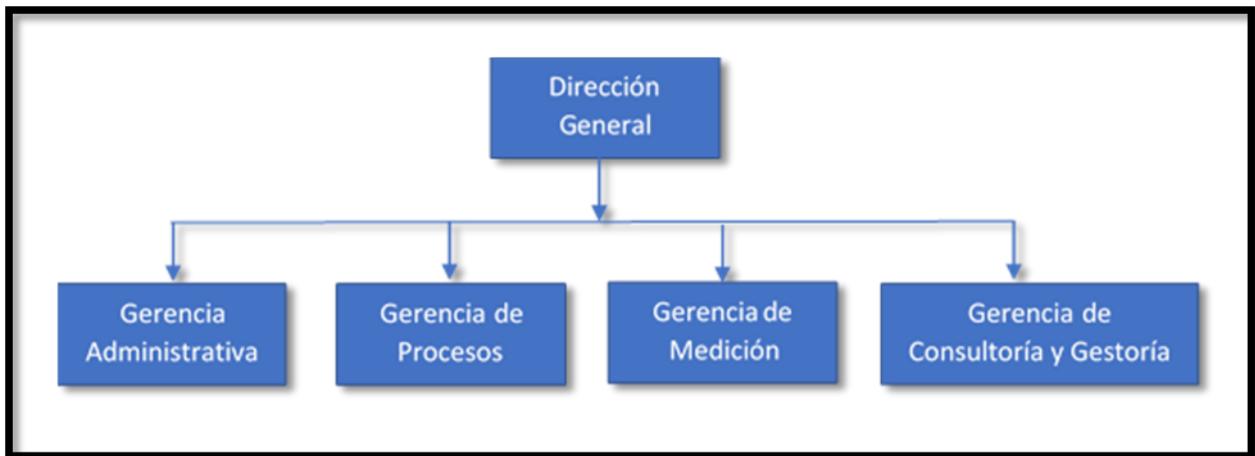


Fig. 1.2 Organigrama de CGE.

### 1.6.1 Descripción de las áreas

**Dirección General:** Se encarga de tomar las decisiones directivas enfocadas a cumplir las metas de la empresa.

**Gerencia Administrativa:** Administra los bienes de la empresa y designa los recursos financieros a cada área.

**Gerencia de Procesos:** Dirige los proyectos de medición de variables energéticas.

Gerencia de Medición: Realiza procedimientos e informes correspondientes a la medición de variables energéticas en centrales de cogeneración.

Gerencia de Consultoría y Gestoría: Se encarga de gestionar los permisos y las autorizaciones requeridas para la instalación y operación de centrales de generación eléctricas.

## **1.7 Descripción de mis actividades profesionales**

Mi experiencia profesional adquirida dentro de CGE empezó en los últimos semestres de la carrera de ingeniería mecánica. La manera en que contacte a la empresa fue por medio de un profesor de la carrera quien me habló de los servicios que proporcionaba dicha empresa y a quienes iban dirigidos estos. La oportunidad de trabajar en CGE se hizo presente cuando mostré mi interés en aprender sobre el área energética, de esta forma inicié mis actividades laborales el 25 de abril de 2015.

Las actividades laborales que realicé a lo largo de un año y dos meses fueron en diversos proyectos enfocados al ámbito de la regularización de centrales de cogeneración, las cuales desempeñé en la gerencia de consultoría y gestoría de la empresa, colaborando en:

- Gestión de cinco solicitudes de estudios de interconexión
- Gestión de solicitudes de contrato de interconexión al SEN.
- Gestión de cinco permisos de generación eléctrica.
- Gestión de cinco solicitudes de evaluaciones de impacto social.
- Manual de calidad de la empresa.

Además de las actividades anteriores, participé en proyectos para medir variables de energía, detalladas más adelante en este informe.

La medición de variables energéticas se llevó a cabo en la gerencia de medición, su organigrama se observa en la Fig. 1.2. En esa gerencia el puesto que desempeñé fue ingeniero de campo.

# CAPÍTULO 2

## Normatividad en procesos de cogeneración

"Aquel que no espera vencer,  
ya está vencido."-----Benito Juárez

Este capítulo describe la normatividad de la cogeneración en México, abarcando el marco regulatorio en el sector eléctrico, la definición de cogeneración y cogeneración eficiente en términos de la Ley; y los beneficios que tiene cada uno.

## 2.1 Regulación en el sector eléctrico

El sector eléctrico se ha estado desarrollado en México a través de los años con la implementación de reformas constitucionales. Estas modificaciones son una guía obligada que sirven para regular las actividades relacionadas con la generación de energía eléctrica.

### 2.1.1 Marco institucional

#### Secretaría de Energía, (SENER).

La SENER es un órgano cuyo objetivo es conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional.



Reproducida de:  
[http://www.gob.mx/cms/uploads/press/main\\_image/78573/Logo\\_SENER.jpg](http://www.gob.mx/cms/uploads/press/main_image/78573/Logo_SENER.jpg) Fecha 4 abril 2017

Fig. 2.1 Logo de la SENER.

## Comisión Reguladora de Energía, (CRE).

La CRE es el órgano regulador coordinado en materia energética promotor del desarrollo eficiente del sector y del suministro confiable de hidrocarburos y electricidad.



Fig. 2.2 Logo de la CRE.

## Centro Nacional de Control de Energía, (CENACE).

El CENACE es un organismo público descentralizado cuyo objeto es ejercer el control operativo del SEN; la operación del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), y garantizar imparcialidad en el acceso a la Red Nacional de Transmisión (RNT), y a las Redes Generales de Distribución (RGD). Como operador independiente del sistema realiza sus funciones bajo los principios de eficiencia, transparencia y objetividad, cumpliendo los criterios de calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad en la operación y control del SEN. Realiza la operación del MEM en condiciones que promueven la competencia, eficiencia e imparcialidad, mediante la asignación y despacho óptimos de las centrales eléctricas para satisfacer la demanda de energía del SEN. Es responsable de formular los programas de ampliación y modernización de la RNT y de las RGD, los cuales en caso de ser autorizados por la SENER se incorporan al Programa de Desarrollo del SEN (PRODESEN).



Reproducida de:  
[http://www.cenace.gob.mx/SINAC/Images/LayoutPage/Logo\\_Cenace\\_Inst.png](http://www.cenace.gob.mx/SINAC/Images/LayoutPage/Logo_Cenace_Inst.png)  
Fecha 3 abril 2017

Fig. 2.3 Logo del CENACE.

## **Comisión Federal de Electricidad, (CFE).**

La CFE es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica. Presta el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con la satisfacción de los clientes, con el desarrollo del país y con la preservación del medio ambiente.



Fig. 2.4 Logo de la CFE.

### **2.1.2 Marco regulatorio**

Una de las prioridades de la nación es elevar la productividad del país para impulsar el crecimiento y competitividad económica. Para cumplir con ella, el Poder Ejecutivo de la Republica reformó varios sectores estratégicos que proponen cambios en su estructura y operación.

En el sector energético las modificaciones se enfocaron al aprovechamiento eficiente de nuestros recursos naturales. Este objetivo se logrará a través del aumento en la producción de energía limpia y de menor costo, el incremento de la renta petrolera, la generación de empleos bien remunerados y la protección del medio ambiente.

De la Reforma Energética deriva la LIE que tiene como fin regular la planeación y el control del SEN, el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica. Esta Ley, también tiene como objetivo promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes.

En este nuevo esquema, la cogeneración eficiente es considerada como energía limpia en términos de los criterios de eficiencia emitidos por la CRE y SEMARNAT. Este tipo de tecnología tendrá derechos a Certificados de Energías Limpias (CEL), que son

herramientas que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de Energías Limpias.

Actualmente se están implementando disposiciones que regulen la cogeneración eficiente bajo el nuevo esquema de la LIE, esto nos muestra un gran potencial de la cogeneración a futuro convirtiendo a CGE en protagonista para proporcionar sus servicios.

Es importante hablar de los antecedentes que dio lugar a la cogeneración eficiente antes de la reforma energética. El Plan Nacional de Desarrollo, leyes, programas y estrategias que anteceden la cogeneración eficiente son descritos a continuación; se basan en las normas emitidas por los organismos internacionales para la regulación de centrales de cogeneración.

- El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, entre sus estrategias promueve el uso eficiente y la adopción de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica; fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles, e intensificar los programas de ahorro de energía incluyendo el aprovechamiento de las capacidades de cogeneración.
- El Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012, planteó entre sus objetivos el fomento a la participación del sector privado en la generación de energía eléctrica con fuentes renovables de energía y con cogeneración eficiente.
- La Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, promueve la utilización, el desarrollo y la inversión en las energías renovables y la eficiencia energética.
- El Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, enuncia la línea de acción de estudiar la posible aplicación de instrumentos regulatorios para el impulso de la cogeneración eficiente.
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), otorga diversas atribuciones a la SENER y a la CRE con el objeto de regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica.
- La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), Ley derogada debido a la entrada de la reforma energética. La LSPEE tiene los esquemas de producción de energía eléctrica independiente, que no se consideran servicio público, están las siguientes formas (Artículo 3º):

- I. La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción.
- II. La generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad.
- III. La generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción.
- IV. La importación de energía eléctrica por parte de personas físicas o morales, destinada exclusivamente al abastecimiento para usos propios.
- V. La generación de energía eléctrica destinada a uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica (CRE, 1998).

## 2.2 Definición de cogeneración

De acuerdo a los artículos 36, fracción II, de la LSPEE y 103 de su Reglamento, se define la cogeneración como:

- I. La producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, es el caso mostrado en la Fig. 2.5.

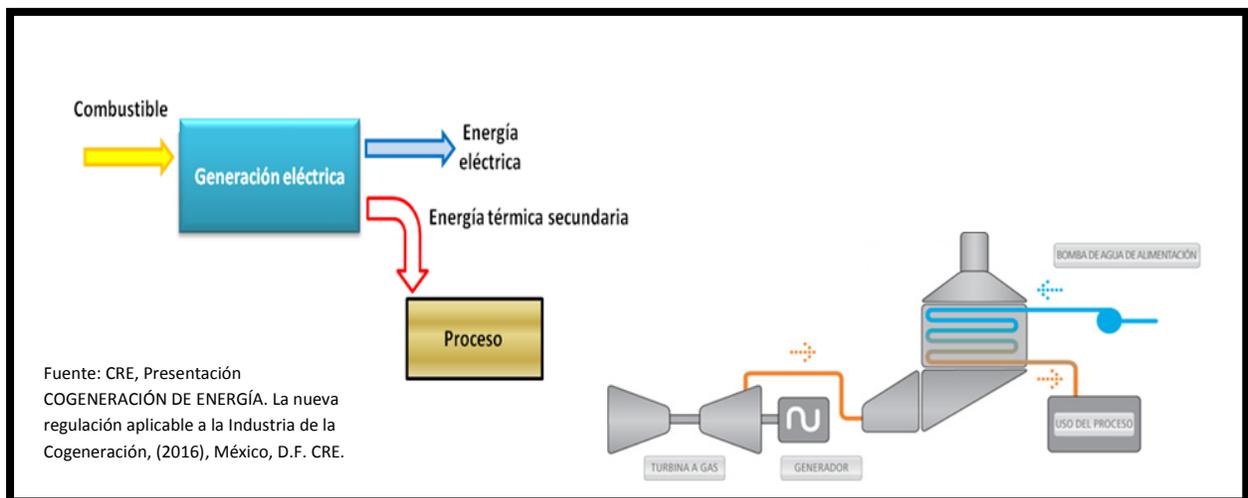


Fig. 2.5 Proceso de cogeneración caso I.

- II. La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate, es el caso mostrado en la Fig. 2.6.

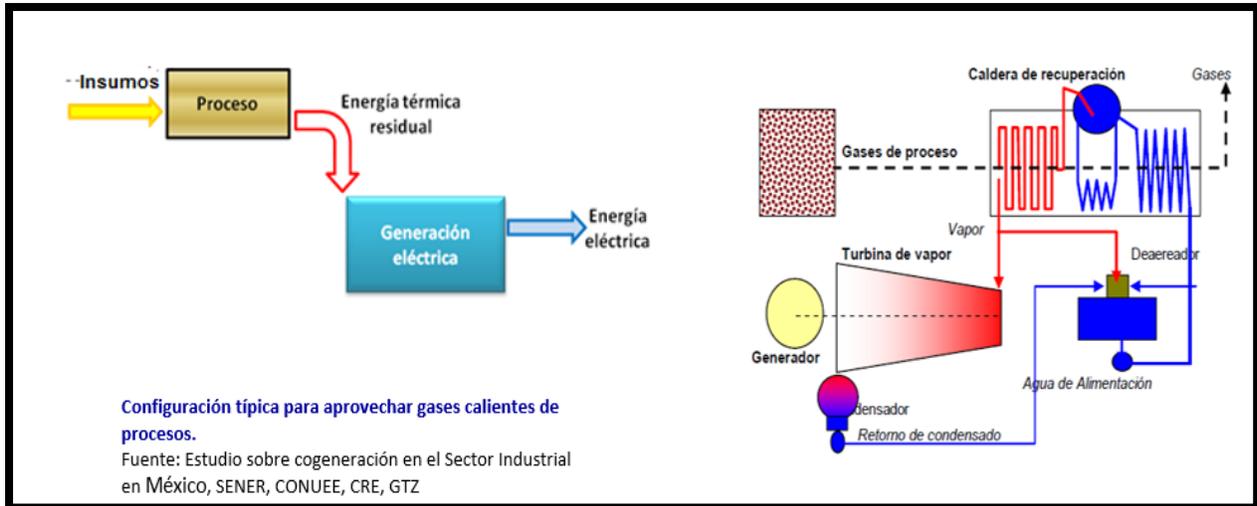


Fig. 2.6 Proceso de cogeneración caso II.

- III. La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate, es el caso mostrado en la Fig. 2.7.

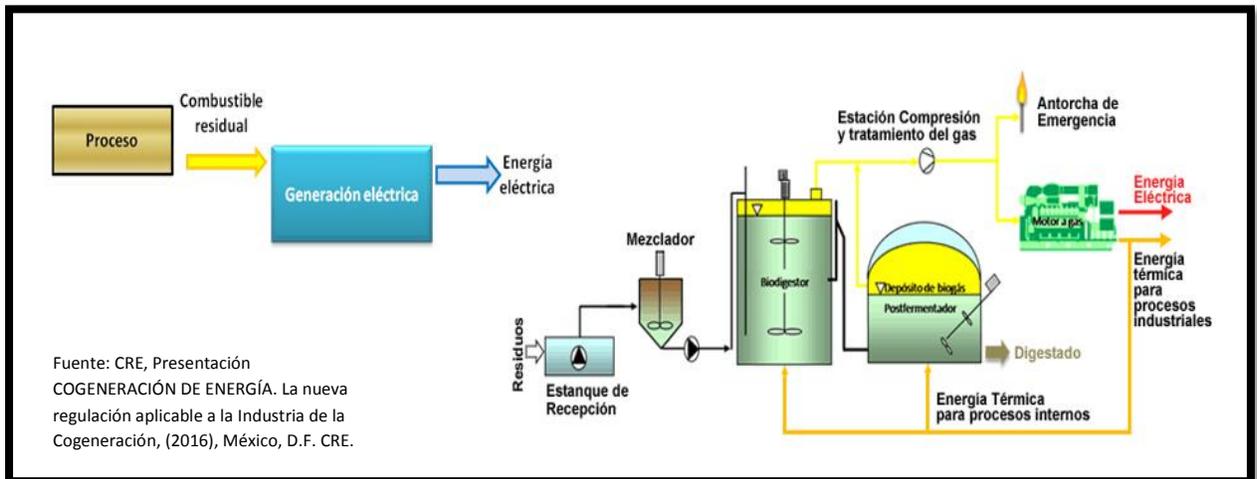


Fig. 2.7 Proceso de cogeneración caso III.

## **2.2.1 Beneficios de la cogeneración**

El desarrollo de la cogeneración permite utilizar menos combustible para obtener la misma energía en forma de calor y electricidad, con importantes beneficios adicionales, tanto ambientales como económicos. En el caso particular de México, los principales beneficios por el desarrollo de la cogeneración son:

- Uso eficiente de la energía.
- Ahorro de energía primaria de combustible nacionales.
- Reducción en la importación de combustibles.
- Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.
- Nuevas inversiones, desarrollo regional creación de empleos.
- Liberación de capacidad de la red y de las subestaciones eléctricas en el SEN.

## **2.3 Definición de cogeneración eficiente**

La cogeneración eficiente se define como la generación de energía eléctrica conforme a lo establecido en la fracción II del artículo 36 de la LSPEE, siempre que el proceso tenga una eficiencia superior a la mínima establecida en la “Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente” emitida por la CRE.

### **2.3.1 Disposiciones regulatorias sobre la cogeneración eficiente.**

Con la finalidad de cumplir con las estrategias mencionadas en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 sobre la cogeneración, la CRE publicó los instrumentos regulatorios para impulsar el aprovechamiento de la cogeneración eficiente. Es importante mencionar que los instrumentos regulatorios que la rigen son bajo el esquema de la LSPEE.

- Modelo de contrato de Interconexión para centrales de generación de energía eléctrica con energía renovable o cogeneración eficiente, publicado el 28 de abril de 2010. Modelo de contrato que sirve para realizar y mantener, la interconexión entre el sistema y la fuente de energía, así como establecer las condiciones generales para los actos jurídicos que celebren las partes relacionadas con la generación.

- Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente (Resolución RES/003/2011), publicado el 22 de febrero de 2011. En este documento se establecen los procedimientos de medición, requisitos a cumplir por las personas que llevaran a cabo las mediciones; también precisa la vigencia de acreditación y valores de eficiencia para acreditar sistemas de cogeneración (Ver Anexo F).
- Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente (Resolución RES/291/2012), publicado el 26 de septiembre de 2012. En este documento se presentan los formatos y los requisitos que deberán considerar los permisionarios, y las personas autorizadas en realizar las mediciones de variables energéticas (Ver Anexo G).

### **2.3.2 Acreditación de sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente.**

El proceso de acreditación de sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente inicia con la entrega de documentos por parte del permisionario a la CRE, la documentación a enviar es:

- Formato de solicitud de acreditación.
- Instrumento jurídico que acredite al representante legal del permisionario.
- Escrito libre en el que se informe sobre las condiciones técnicas del sistema.
- Reporte técnico requisitado por la persona autorizada por la Comisión, (Formato, Informe y procedimiento de Medición realizados por CGE).
- Diagrama del proceso con los puntos de medición para F, E y H, así como el balance térmico, (Diagramas con puntos de medición y balance térmico realizados por CGE)

Con la información mencionada anteriormente la CRE determina si un sistema de cogeneración es eficiente con base a la RES/003/2011.

La acreditación de los sistemas es aplicada a los sujetos que tengan permisos legados, esto quiere decir que solo serán considerados aquellos permisos bajo la LSPEE en su modalidad de cogeneración. Con respecto a los sistemas de cogeneración cuyos permisionarios tengan permisos bajo el esquema de la LIE, aún se está implementado la

regularización de cogeneración eficiente como energía limpia y beneficiarse de los Certificados de Energía Limpia (CEL) participando en el MEM.

### 2.3.3 Conceptos de las variables energéticas

Para fines de este informe, se definen las variables energéticas de acuerdo a la Resolución RES/ 291/2012:

Energía eléctrica neta (E). La energía eléctrica generada en el sistema será la producción de electricidad en el punto de interconexión de los generadores cuando simultáneamente se está aprovechando la energía térmica en los procesos de la central.

Combustible (F). Es el combustible que ingresa a la planta y que efectivamente se está empleando en el sistema de cogeneración para la generación de electricidad u obtención de calor útil.

Calor útil o energía térmica (H). Es la energía producida en un sistema de cogeneración, que es transferida y aprovechada en una zona de consumo.

### 2.3.4 Criterios de eficiencia de la CRE

Para la acreditación de una central de cogeneración, la CGE no es responsable en definir si una central de cogeneración es o no un sistema de cogeneración eficiente, debido a que es tarea de la CRE determinar dicha acreditación.

Para acreditar un sistema como cogeneración eficiente, la CRE elaboró la metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y criterios para determinar la cogeneración eficiente, mencionados en la Sección 2.3.1 de este informe.

Capacidad del Sistema	$\eta_{min}$ (%)
0.03 < Capacidad MW < 0.5	5
0.5 ≤ Capacidad MW < 30	10
30 ≤ Capacidad MW < 100	15
Capacidad MW ≥ 100	20

Tabla 2.1 Criterios de eficiencia de la CRE para centrales de cogeneración.

Los criterios de eficiencia que marca la CRE de acuerdo a la capacidad de la central para determinar si una central de cogeneración es o no eficiente, es establecida bajo los términos de la Resolución RES/003/2011, mostrada en las tablas 2.1 y 2.2.

Para los sistemas con capacidad igual o menor a 30 MW instalados a una altura superior a 1500 metros sobre el nivel del mar, generada con motores de combustión interna o con turbinas de gas, el requisito de eficiencia mínima será el siguiente:

Capacidad del Sistema	$\eta_{min}$ (%)
$0.03 < \text{Capacidad MW} < 0.5$	2
$0.5 \leq \text{Capacidad MW} < 30$	5

Tabla 2.2 Criterios de la CRE por capacidad igual o menor 30 MW a 1500 m.

### 2.3.5 Vigencia de acreditación

La acreditación como cogeneración eficiente tiene vigencia que depende de la capacidad del sistema de cogeneración. La vigencia de acreditación se muestra en la tabla 2.3., también puede ser consultada en la Resolución RES/291/2014 Capítulo II sección Quinta.

Capacidad del sistema de cogeneración (MW)	Vigencia
$0.03 \leq \text{Capacidad del sistema de cogeneración} < 0.5$	5 años
$0.5 \leq \text{Capacidad del sistema de cogeneración} < 30$	3 años
$30 \leq \text{Capacidad del sistema de cogeneración} < 100$	2 años
$100 \leq \text{Capacidad del sistema de cogeneración}$	1 año

Tabla 2.3 Vigencia de acreditación

### 2.3.6 Beneficios de la cogeneración eficiente

La acreditación de un sistema de cogeneración como de cogeneración eficiente, le permite al permisionario acceder a los beneficios que diversos instrumentos regulatorios les conceden a las energías renovables, mismas que se describen a continuación:

- Cálculo de los costos de transmisión mediante el método de estampilla postal, lo cual permite al permisionario calcular anticipadamente los costos en que incurrirá por el uso de la red del SEN (Ver Anexo A).
- Acceso al mecanismo de intercambio de energía para reducir el problema de la intermitencia en la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, esto se realiza aprovechando al máximo la energía eléctrica producida para después intercambiarla en aquellos periodos en los que sea insuficiente la generación propia (banco de energía Fig. 2.8).
- Potencia autoabastecida, consiste en el reconocimiento de la capacidad aportada por la central de cogeneración en las horas de mayor demanda al SEN. Con esto el permisionario puede disminuir la facturación eléctrica de sus cargas en lo relativo a los cargos por demanda facturable del servicio público.

### **2.3.6.1 Banco de energía**

Consiste en un mecanismo de intercambio de energía para reducir el problema de la intermitencia en la generación de energía eléctrica, aprovechando al máximo los recursos energéticos disponibles, para después intercambiarla en aquellos periodos en los que sea insuficiente la generación propia.

- La energía generada se entrega a la red de transmisión cuando está disponible.
- La energía generada en cualquier periodo horario y no consumida por los usuarios puede ser “acumulada” por CFE y “entregada” en otros periodos horarios análogos, en periodo distintos o en días o meses diferentes.
- El intercambio de energía se lleva a cabo al precio de tarifa en el punto de interconexión al SEN.
- Al fin del año, el permisionario puede vender a la CFE la energía sobrante acumulada al 85% del costo total de corto plazo (tendrá un periodo de 12 meses para su almacenamiento en el banco de energía).

El funcionamiento del banco de energía opera tomando en cuenta lo siguiente:

- La energía sobrante es generada en un mes, esta puede utilizarse al mes siguiente o en un lapso de 12 meses.

- No importa en que periodo se haya generado el sobrante de energía, siempre debe utilizarse primero en punta, después en intermedia y finalmente en base.
- La energía se ajusta de un mes a otro, en el mismo periodo horario, mediante un factor a la baja.
- La energía de un periodo a otro se ajusta con incrementalmente de punta-intermedio-base y decrementalmente de base-intermedio-punta.

El funcionamiento del banco de energía se ilustra en la Fig. 2.8.

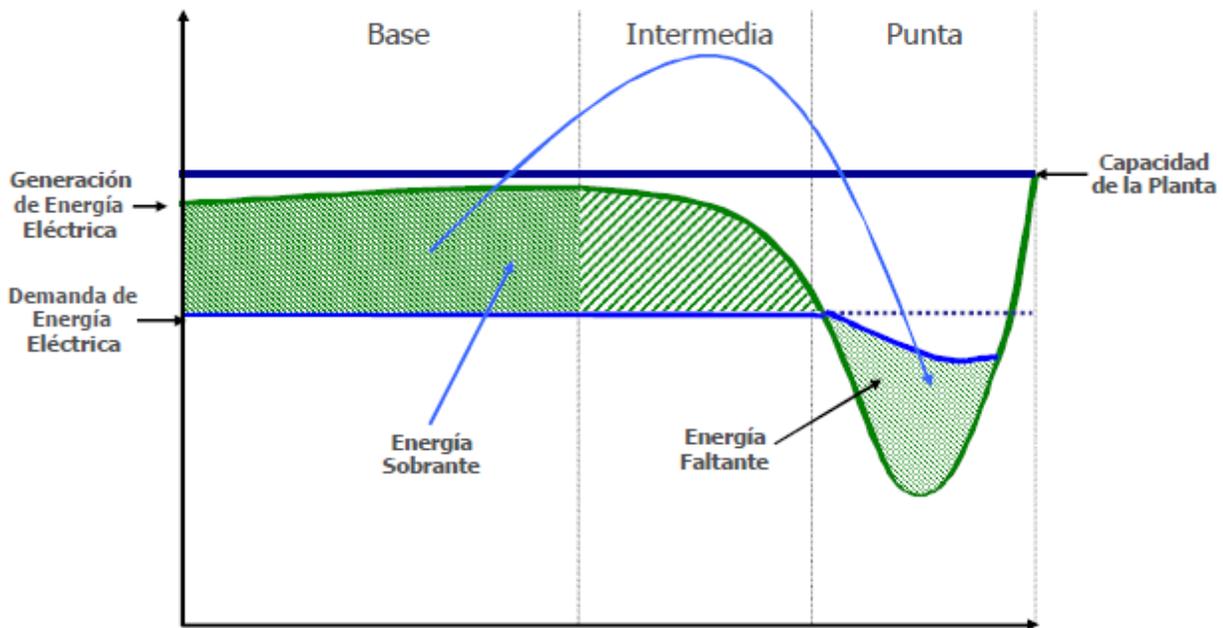


Fig. 2.8 Funcionamiento del banco de energía.

A continuación se muestran dos ejemplos de la manera que opera el banco de energía.

Ejemplo 1. El funcionamiento del banco de energía en este caso, inicia en el mes 1 con la energía sobrante de un periodo horario punta de  $-20 \text{ kWh}$ . La energía sobrante en dicho mes se encuentra disponible en el mes 2 considerando el factor a la baja en punta emitido por la CRE de 0.975, que se obtiene al multiplicar  $-20 \text{ kWh} \times 0.975$  resultando  $19.5 \text{ kWh}$ .

La energía faltante en el mes 2 de  $18 \text{ kWh}$  es compensada por la energía disponible en el periodo punta del mismo mes teniendo un sobrante de  $-1.5 \text{ kWh}$ . Esta energía sobrante es utilizada en el periodo intermedio multiplicando un factor de conversión de tarifa de  $1.8329/0.8813$ , resultando  $-3.11 \text{ kWh}$ . La energía faltante del usuario en el

periodo horario intermedio del mes dos es 2.11 kWh, por lo tanto al compensar la energía faltante con la energía disponible de -3.11 kWh la energía sobrante resulta de -1 kWh.

La energía disponible en el periodo base se calcula con la energía sobrante en el periodo intermedio aplicando el factor de conversión de tarifa,  $-1 \text{ kWh} \times (0.8813/0.6926) = -1.27 \text{ kWh}$ . La energía faltante en el periodo base es contrarrestada de la energía disponible en el mismo periodo,  $-1.27 \text{ kWh} + 1 = -0.27 \text{ kWh}$ .

La energía sobrante de cada periodo horario dependerá de la energía disponible y la energía faltante de su correspondiente periodo horario.

No hay energía facturable debido a que es usada la energía sobrante para compensar toda la energía faltante del usuario. Los signos negativos de los valores se usan por convención para distinguir la energía sobrante y disponible de la energía faltante, (Ver tabla 2.4).

Factor de conversión de tarifa (F):

$$\text{Punta- Intermedia} = \frac{1.8329}{0.8813}$$

$$\text{Intermedia-Base} = \frac{0.8813}{0.6926}$$

		Periodo horario		
		Punta	Intermedia	Base
Mes 1	Tarifa (\$/kWh)	1.8978	0.9526	0.7487
	Sobrante (kWh)	-20	0	0

Factores a la baja emitidos por la CRE		Periodo horario		
		Punta	Intermedia	Base
		0,975	0,925	0,957

		Periodo horario		
		Punta	Intermedia	Base
Mes 2	Tarifa (\$/kWh)	1.8329	0.8813	0.6926
	Disponible en banco* (kWh)	-19.50	-3.11	-1.27
	Faltante (kWh)	18.00	2.11	1.00
	Sobrante (kWh)	-1.50	-1.00	-0.27
	Facturable (kWh)	0.00	0.00	0.00

Tabla 2.4. Ejemplo 1 del funcionamiento del banco de energía.

Ejemplo 2. En este caso, el funcionamiento del banco de energía inicia con un sobrante de -20 kWh en el periodo base del mes 1. La energía sobrante del mes 1 se dispone en el mes 2 aplicando el factor a la baja del periodo punta de 0.957, es decir, que la energía disponible en el mes 2 se obtiene de la operación  $-20 \text{ kWh} \times 0.957 = 19.14 \text{ kWh}$ .

Se toma en cuenta que no importa en qué periodo se haya generado el sobrante de energía, siempre debe utilizarse primero en punta, después en intermedia y finalmente en base. Considerando esta premisa, la energía disponible en el periodo base del mes 2 se usa en el periodo punta de ese mismo mes aplicando el factor de conversión de tarifa, resultado de la operación  $-19.14kWh \times (0.6926/1.8329) = -7.23kWh$ . La energía disponible en punta es contrarrestada por el faltante del mismo periodo de  $7.23kWh$  resultando  $0.00kWh$ .

A causa de no haber sobrante de energía en el periodo punta, la energía que se dispone en el periodo intermedio es nula y el usuario debe consumir los  $4.00kWh$  de la red eléctrica, (Ver tabla 2.5).

Factor de conversión de tarifa (F):

$$\text{Base-Punta} = \frac{0.6926}{1.8329}$$

$$\text{Punta- Intermedia} = \frac{1.8329}{0.8813}$$

		Periodo horario		
		Punta	Intermedia	Base
Mes 1	Tarifa (\$/kWh)	1,8978	0,9526	0,7487
	Sobrante (kWh)	0	0	-20

		Periodo horario		
		Punta	Intermedia	Base
Factores a la baja emitidos por la CRE		0,975	0,925	0,957

		Periodo horario		
		Punta	Intermedia	Base
Mes 2	Tarifa (\$/kWh)	1,8329	0,8813	0,6926
	Disponible en banco* (kWh)	-7,23	0,00	-19,14
	Faltante (kWh)	7,23	4,00	2,00
	Sobrante (kWh)	0,00	0,00	0,00
	Facturable (kWh)	0,00	Consumo de energía normal	Consumo de energía normal

Tabla 2.5. Ejemplo 2 del funcionamiento del banco de energía.

# CAPÍTULO 3

## **Mi participación en proyectos de medición**

“No estudio para saber más,  
sino para ignorar menos.” -----Sor Juana Inés de la Cruz.

Este capítulo presenta el objetivo de los proyectos de medición, los conceptos de las variables y las condiciones operativas de las centrales de cogeneración. Incluye mis actividades en la medición y el análisis de variables energéticas en los sistemas de cogeneración.

### **3.1 Objetivo de los proyectos de medición**

El objetivo de los proyectos de medición es la entrega del informe de medición de variables H, E y F de una central de cogeneración conforme a la Resolución RES/291/2012.

La importancia de obtener dichas variables energéticas, es el compromiso de CGE para entregar la documentación necesaria al permisionario con el fin de solicitar la acreditación de su sistema de cogeneración como de cogeneración eficiente ante la CRE, lo anterior debido a que es requisito para el proceso de evaluación.

### **3.2 Proyectos de medición**

A continuación, se describen las condiciones operativas de dos centrales de cogeneración, una a base de motores de combustión interna y la otra con turbinas de gas, que incluyen la medición de temperatura, presión y potencia eléctrica, indicando la capacidad de generación, tecnología y configuración de cada central.

#### **3.2.1 Central de cogeneración con motores de combustión interna (MCI's).**

El sistema de cogeneración estaba constituido por ocho MCI's, que consumían gas natural como fuente primaria de energía, con una capacidad en sitio de 3.4 MW cada uno. Cada MCI acoplado a un generador para la producción de energía eléctrica.

La energía térmica de los gases producto de la combustión de los ocho MCI's eran aprovechados en tres calderas de recuperación de calor (HRSG's). Una de las calderas recibía el flujo de gases de escape de cinco de los MCI's para la generación de vapor saturado y para calentar aceite térmico; otra de las calderas recibía los gases de escape de dos de los MCI's y la tercera caldera recibía los gases de escape de un MCI para la producción de vapor saturado.

Como parte del proceso de cogeneración se aprovechó el calor del agua utilizada en el sistema de enfriamiento de tres de los MCI's, el flujo de salida era enviada a un proceso industrial.

### **3.2.2 Central de cogeneración con turbinas de gas (TG).**

En este proyecto la central contaba con dos TG para la generación de energía eléctrica, con una capacidad en sitio hasta de 42.02 MW.

El sistema de cogeneración aprovechaba el calor residual que poseían los gases producto de la combustión en dos HRSG's, para la producción de vapor saturado, el cual era enviado al operador del proceso que da lugar a la cogeneración. La capacidad total instalada de la central era de 60 MW en condiciones ISO.

La energía eléctrica generada se utilizaba para la venta de energía a cargas locales y remotas (empresas industriales y establecimientos), y para usos propios de la central de cogeneración.

## **3.3 Actividades desarrolladas en proyectos de medición**

Inicia con la solicitud de un permisionario que desea acreditar su sistema de cogeneración como cogeneración eficiente, quién solicita la cotización correspondiente a los servicios que brinda CGE. Aceptadas las condiciones del contrato por el interesado se inicia el proyecto de medición de variables energéticas.

En los proyectos de medición ayudé a redactar los procedimientos e informes correspondientes, se verificaron los certificados de calibración de instrumentos de medición; se tomaron datos para su análisis y calcularon las variables energéticas en sistemas de cogeneración.

Para efectos de este informe se muestra el diagrama de flujo de la Fig. 3.1, donde se observa la secuencia que CGE hace en los proyectos de medición de variables energéticas.

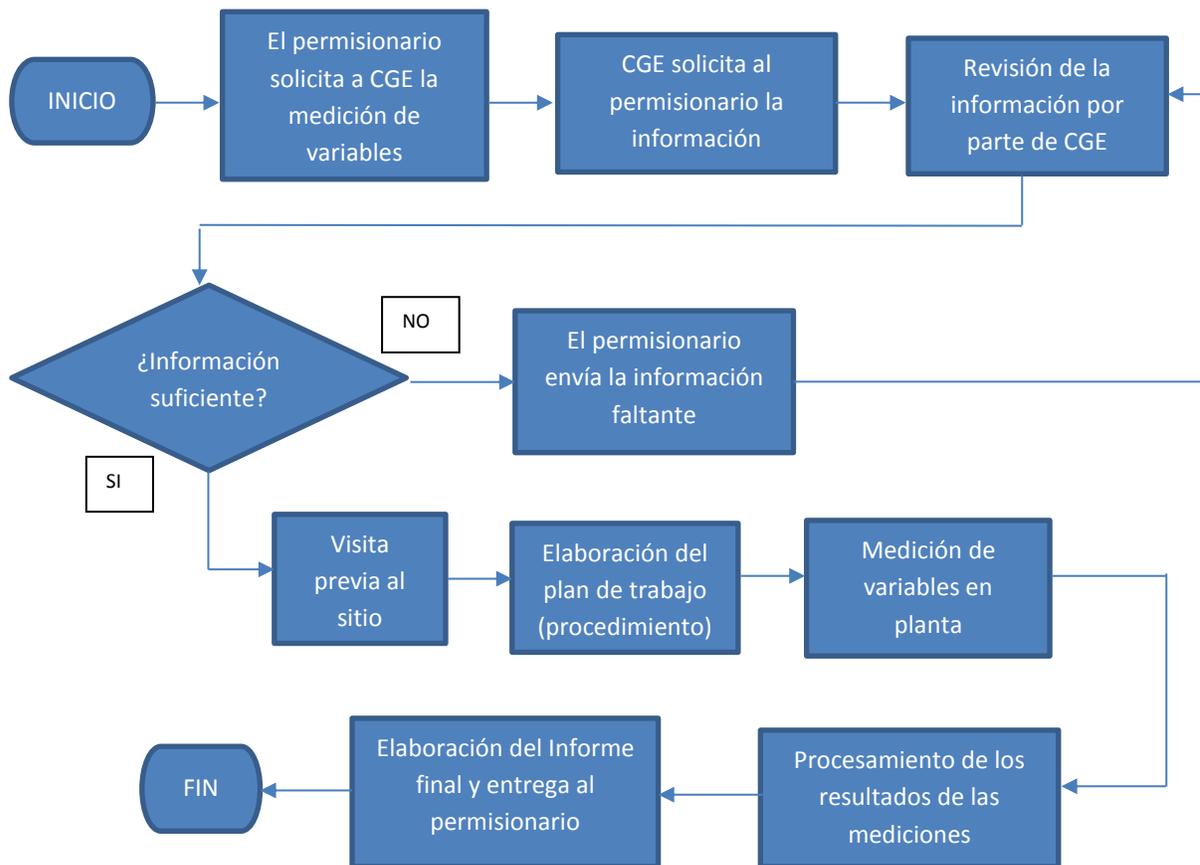


Fig. 3.1 Diagrama de flujo para realizar mediciones de variables.

Para iniciar los proyectos descritos en la sección 3.2 de este informe, se organizó un grupo de trabajo con el fin de atender la solicitud de medición de variables energéticas. El gerente de proyecto solicitó información detallada al permisionario sobre las instalaciones de la central de cogeneración como eran Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI's), descripción de las instalaciones de la central, Balance de materia y energía, ubicación de la central en coordenadas geodésicas, diagrama unifilar, permiso de generación de energía eléctrica y resoluciones otorgadas por la CRE, además de pedir los certificados de calibración de los instrumentos de medición de la central correspondientes a la generación de vapor, generación de energía eléctrica y consumo de combustible. La anterior información solicitada era necesaria para iniciar la elaboración del procedimiento de medición de variables energéticas.

Como siguiente paso del proceso, el gerente me designó jefe del grupo de trabajo y, dentro de mis funciones revisé la información proporcionada por el solicitante. La revisión

consistía en identificar la tecnología, la configuración de la central y la frontera del sistema de cogeneración.

Examiné los DTI's para identificar los instrumentos y los puntos de medición que nos ayudarían a evaluar las variables energéticas del sistema de cogeneración: Combustible (F), Calor útil (H) y Energía eléctrica neta (E).

Durante la examinación de la información analicé cuáles serían las variables secundarias que tomaríamos como datos para determinar las variables energéticas. Las variables secundarias serían flujos volumétricos de vapor, presiones, temperatura de vapor saturado, flujos de combustible y potencia eléctrica generada. La propuesta para la medición de las variables de la central se muestra en la Fig. 3.2, inició con el análisis energético del combustible, continúa con el sistema de cogeneración y termina con la producción de energía.

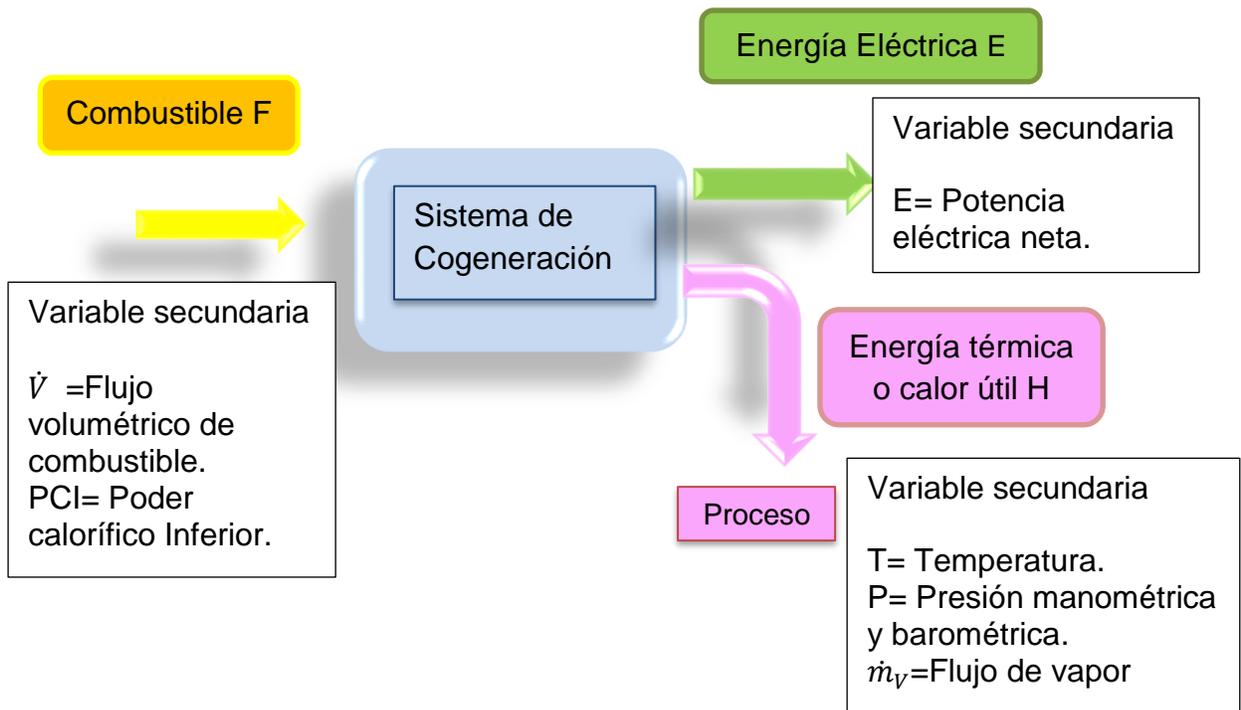


Fig. 3.2 Diagrama para medir variables.

Con las variables a medir que propuse durante la examinación de la información y los detalles técnicos proporcionados por el permisionario, procedí a revisar su modelo, número de serie, número de identificación y vigencia de su certificado de calibración; con esa información se localizaron los instrumentos necesarios en los planos de la central de cogeneración y los puntos de medición como se muestra en la Fig. 3.3 y Fig. 3.4.

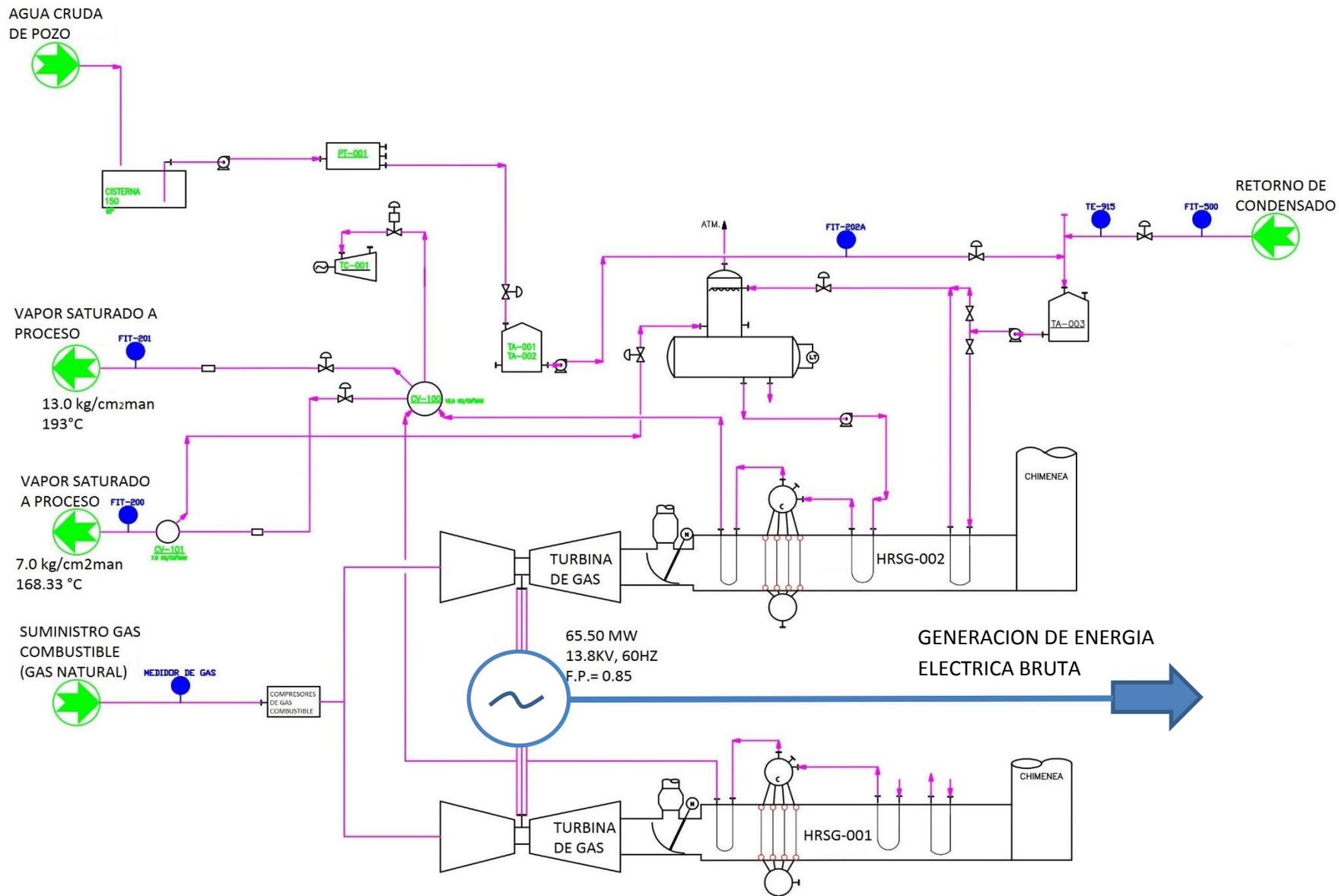


Fig. 3.3 Diagrama de Tuberías e Instrumentación parte térmica de las TG.

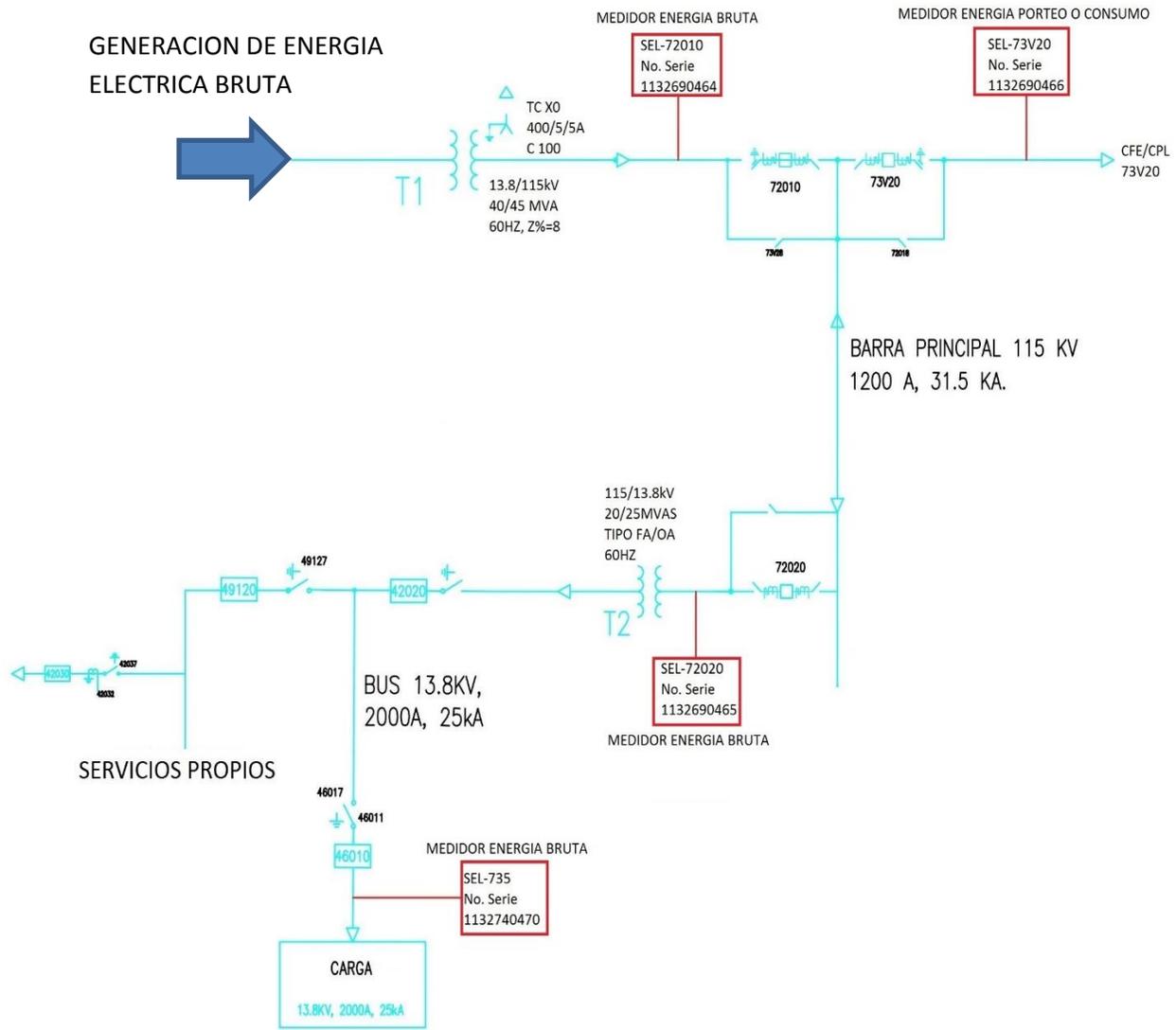


Fig. 3.4 Diagrama de Tuberías e Instrumentación parte eléctrica de las TG.

Para confirmar la información entregada por el permisionario realicé una visita a la central de cogeneración, en ella verifiqué los certificados de los instrumentos de manera física y la ubicación para visualizar los datos de las mediciones. Algunos instrumentos tenían comunicación con la computadora y la adquisición de datos era más sencilla, en otras situaciones había instrumentos fuera del alcance visual que fueron revisados ocupando escaleras o andamios.

En los proyectos en donde no se tenía la información completa, lo reportaba a mi jefe directo para que coordinara las acciones necesarias con el permisionario.

La Fig. 3.5 muestra uno de los certificados de calibración de un medidor de flujo de gas tipo vortex que se verificó en la central de cogeneración con MCI's.

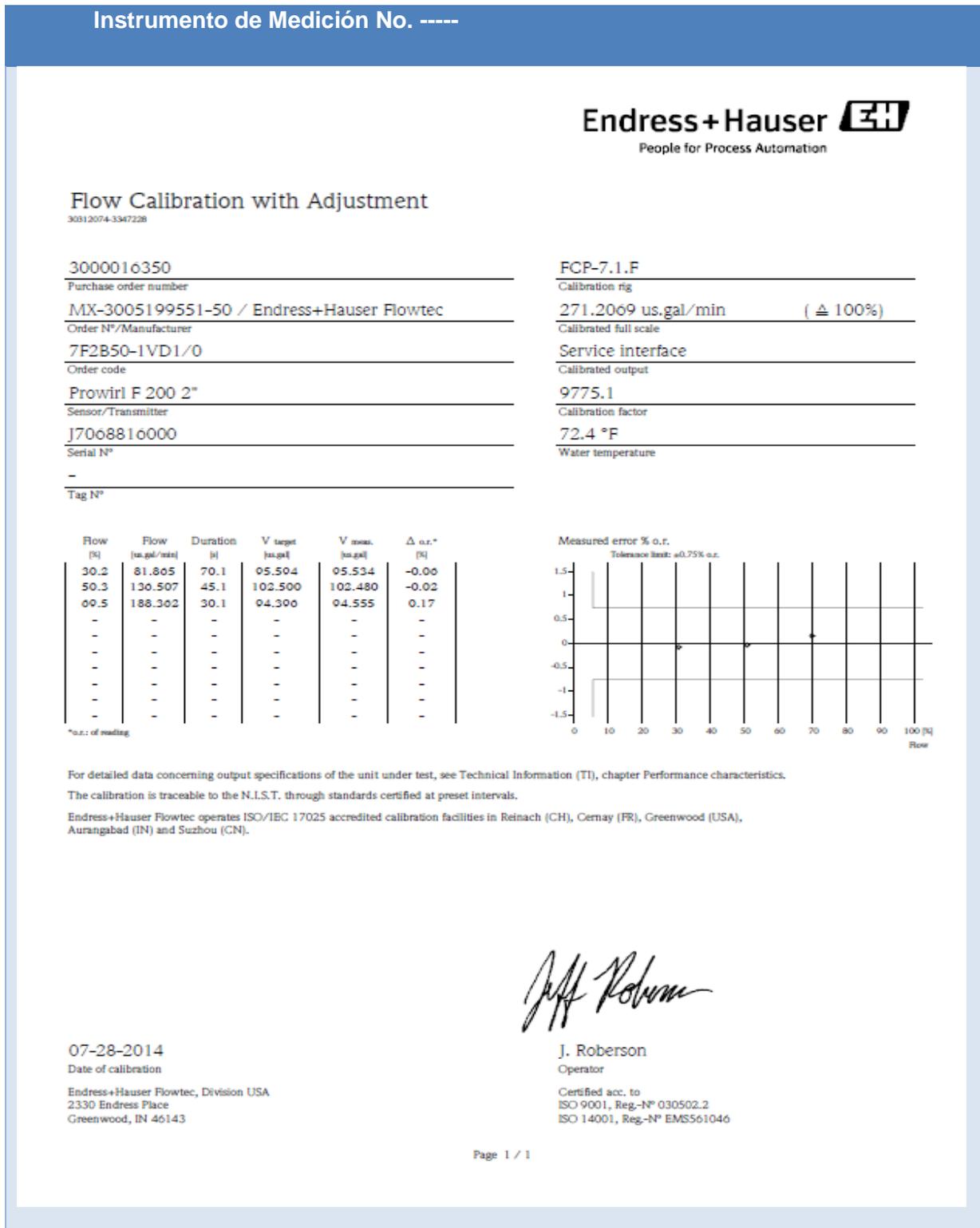


Fig. 3.5 Certificado de un medidor de flujo de gas.

Clasifiqué los instrumentos de medición por número de serie, tipo de instrumentos, número de dispositivo (TAG), su localización en la planta y variable a medir en presión, temperatura o flujo, dicha clasificación ayudó para la evaluación de las variables energéticas. Con base en lo anterior elaboré listas preliminares agregadas a los procedimientos de medición. La tabla de instrumentos de la central de cogeneración con TG se muestra en la Tabla. 3.1 y, la tabla de instrumentos de la central de cogeneración con MCI's se pueden consultar en el Anexo B.

No	Variable a medir	No Serie del medidor
1	Potencia generada neta total	6080612
2	Flujo del vapor a proceso (HRSG 1 sencillo)	1132690466
3	Energía eléctrica entregada a la carga local	1132740470
4	Flujo del vapor a proceso en la línea de alta presión	91P311125
5	Presión del vapor a proceso en la línea de alta presión	2539648
6	Flujo del vapor a proceso en la línea de baja presión	91P311124
7	Presión del vapor a proceso en la línea de baja presión	2510176
8	Flujo del retorno de condensado	57195

Tabla 3.1 Lista de instrumentos de medición central de cogeneración con TG.

Con los puntos de medición, realicé los diagramas preliminares de la frontera del sistema de cogeneración (Diagrama de central de cogeneración con TG Fig. 3.6), que fueron integrados al procedimiento de medición de variables energéticas. También elaboré los formatos para la toma de datos de las variables del sistema que se elaboraron con la información recabada hasta este punto. Los diagramas que se realizaron para la central de cogeneración con MCI's se pueden consultar en el Anexo C.

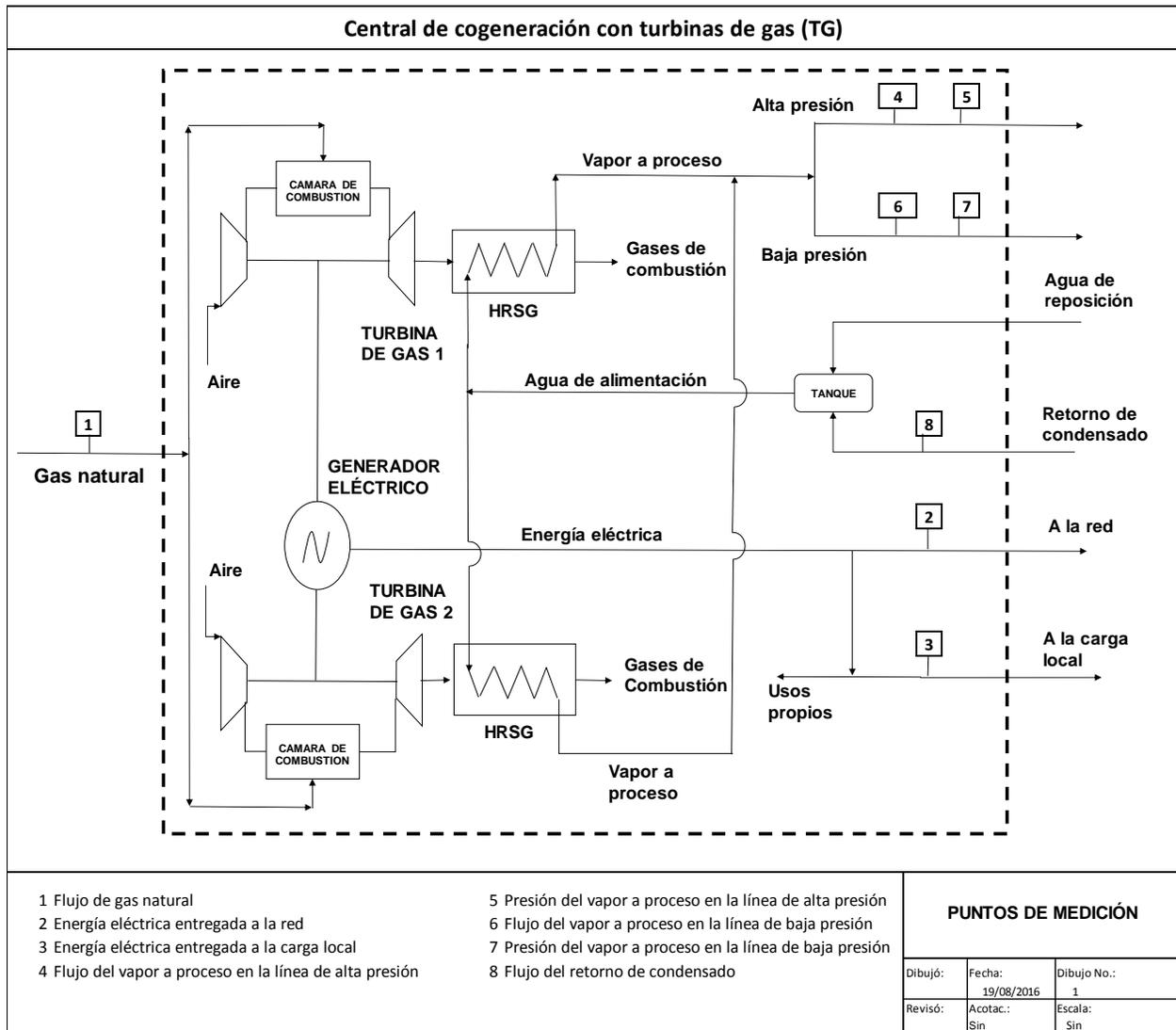


Fig. 3.6 Diagrama de Central con TG.

Una vez preparado el procedimiento de mediciones, se agendó una cita con el personal a cargo de operar la central de cogeneración del permisionario, para que nos asistieran durante la visita a la central y tomar los datos que se utilizarían para realizar el informe de mediciones de variables energéticas.

En cada visita a la central de cogeneración y antes de iniciar las mediciones, se hacía una reunión en donde se comentaba el procedimiento para realizar las mediciones y la forma en que nos ayudarían para recabar la información necesaria durante la visita.

Coordiné el grupo de trabajo para monitorear la medición de las variables del sistema de cogeneración, además se verificó el punto de muestreo de gas natural. Aquí fuimos acompañados con personal de la central, y bajo la supervisión del jefe del grupo de trabajo de CGE se realizó las muestras de gas natural por un tercero subcontratado para el análisis cromatográfico.

En la visita corroboré las condiciones de operación, la precisión de las mediciones y verifiqué que las pruebas se realizaran de acuerdo a los procedimientos establecidos en las disposiciones regulatorias de la CRE.

Con ayuda del personal de la central, el grupo de trabajo de CGE hizo pruebas en el sistema de cogeneración ya fuera turbina de gas, turbina de vapor o motor de combustión interna operando al 100% de carga, así como la verificación de las calderas de recuperación de calor en régimen estable.

Para los formatos de las variables se tuvieron tres fuentes de información, la primera por lo establecido en las disposiciones regulatorias, con datos cada minuto durante una hora hasta 60 valores; la segunda por el Sistema de Adquisición de Datos (SAD); y la tercera por la visualización física en el display del instrumento Fig. 3.7. Con la información anterior procedí a llenar los formatos preparados para el Informe de medición.



Fig. 3.7 Instrumento de medición de flujo de vapor.

Para finalizar la visita en la central eléctrica, el gerente de mediciones a cargo del grupo de trabajo de CGE realizó el acta circunstanciada, la cual consistía en reportar:

- La forma en que se llevaba a cabo la medición.
- Los eventos acontecidos durante la medición.
- Las observaciones que se hicieron en la inspección.
- Los problemas que en su caso se hallan presentado y las soluciones a dichos problemas de los mismos.

- La descripción de la forma en que se encontró operando la central.
- Comentarios del permisionario para que argumenten que a su derecho corresponde en su caso.

En este paso, reporté los instrumentos de medición encontrados y verificados, también se informó si había alguna discrepancia entre la información entregada por el permisionario y los instrumentos en el sistema. Finalmente, el acta circunstanciada fue firmada por el gerente de mediciones de CGE y la persona encargada en operar la central y dos testigos.

Con los datos obtenidos en la central de cogeneración, se procedió a realizar el Informe de medición de variables energéticas. Ayudé en la redacción del reporte de medición de variables realizando la memoria de cálculo del proyecto, los diagramas finales de fronteras de los sistemas de cogeneración señalando los puntos de medición e hice los diagramas Sankey.

### 3.4 Cálculos

Para obtener los valores de F, E y H, se analizaron los datos obtenidos en la central. El cálculo y análisis de variables fueron realizados en Excel, los valores de las entalpías del vapor de las calderas se determinaron con el software XSTEAM, versión 2.6, basada en las tablas de vapor programadas en Excel IAPWS IF97.

#### 3.4.1 Nomenclatura

Las unidades de trabajo durante el cálculo de las variables energéticas se muestran en la Tabla. 3.2.

Símbolo	Descripción	Unidades (SI)
<i>PCI</i>	Poder calorífico inferior	$kJ/Nm^3$
<i>P</i>	Presión	$kPa$
<i>E</i>	Potencia eléctrica	$kW$
<i>V̇</i>	Flujo volumétrico de gas natural	$Nm^3/s$
<i>ṁ</i>	Flujo másico del vapor	$kg/s$
<i>T</i>	Temperatura	$^{\circ}C$
<i>t</i>	Tiempo	$s$
<i>h</i>	Entalpía específica	$kJ/kg$
<i>H</i>	Calor útil o energía térmica.	$GJ/año$
<i>F</i>	Energía suministrada por el combustible	$GJ/año$
<i>E</i>	Energía eléctrica neta.	$GJ/año$
<i>c<sub>p</sub></i>	Calor específico a presión constante	$\frac{kJ}{kg K}$
<i>ρ</i>	Densidad	$kg/m^3$
<i>η</i>	Eficiencia del sistema.	$\%$

Tabla 3.2 Tabla de nomenclatura de proyectos

#### 3.4.2 Memoria de cálculo de la central de cogeneración con MCI's

La energía requerida para alimentar los ocho MCI's se calculó mediante el poder calorífico necesario y los promedios del flujo de combustible. Los valores obtenidos de la medición para cada uno de los motores y su promedio se muestran en la Tabla 3.3, En ella la energía de combustible es la suma de los promedios durante una hora GJ/h, se anualiza obteniendo  $F= 2,144,812$  GJ/año.

Combustible (F)								
Lectura	Gases de los Motores de Combustión Interna							
	Gas Motor 1 Caudal [Nm <sup>3</sup> /h]	Gas Motor 2 Caudal [Nm <sup>3</sup> /h]	Gas Motor 3 Caudal [Nm <sup>3</sup> /h]	Gas Motor 4 Caudal [Nm <sup>3</sup> /h]	Gas Motor 5 Caudal [Nm <sup>3</sup> /h]	Gas Motor 6 Caudal [Nm <sup>3</sup> /h]	Gas Motor 7 Caudal [Nm <sup>3</sup> /h]	Gas Motor 8 Caudal [Nm <sup>3</sup> /h]
1	891	893	884	917	896	914	912	900
2	892	894	885	918	901	913	918	898
3	893	895	886	919	894	914	914	901
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
60	894	896	887	920	898	910	917	900
Promedio	893	897	884	919	897	911	915	900
Energía por hora GJ/h	30	30	30	31	30	31	31	31
Energía anual GJ/año	265,341	266,476	262,799	273,229	266,740	270,819	271,995	267,414

Tabla 3.3 Energía de combustible de la central de cogeneración con MCI's.

La energía eléctrica neta generada se obtuvo de la suma de los promedios de la potencia eléctrica conectada a la red eléctrica y la enviada a la planta industrial. El cálculo anual resultó E= 852,957 GJ/año, como se muestra en la Tabla 3.4.

Energía Eléctrica (E)		
Lectura	Planta Industrial	Exportación
	Potencia [kWh]	Potencia [kWh]
1	5,220	21,700
2	5,210	21,600
3	5,240	21,800
.	.	.
.	.	.
60	5,230	22,000
Promedio	5,150	21,897
Energía por hora GJ/h	19	79
Energía anual GJ/año	162,411	690,546

Tabla 3.4 Energía eléctrica de la central con MCI's.

La energía térmica para la generación de vapor, se obtuvo del promedio del flujo multiplicados por la diferencia de las entalpías de vapor saturado contra la entalpia del agua establecida por la CRE.

Los datos obtenidos de las tres calderas se muestran en las Tabla 3.5 y la Tabla 3.6.

Energía Térmica o Calor Útil (H)								
Lectura	Caldera sencilla				Caldera doble			
	Flujo	Temperatura	$\Delta h$	Hv1 m* $\Delta h$	Flujo	Temperatura	$\Delta h$	Hv2 m* $\Delta h$
	[kg/h]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/h]	[kg/h]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/h]
1	1,950	167	2,430	4,738,441	4,139	164	2,427	10,044,628
2	2,230	165	2,428	5,414,214	4,620	163	2,426	11,206,812
3	1,720	166	2,429	4,177,776	4,102	164	2,427	9,954,548
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
60	2,260	167	2,430	5,491,732	4,110	165	2,427	9,975,936
Promedio				5,199,671				10,182,131
Energía por hora GJ/h				5				10
Energía anual GJ/año				45,549				89,195

Tabla 3.5 Energía térmica de las calderas de la central con MCI's.

Energía Térmica o Calor Útil (H)				
Lectura	Caldera quintuple (Vapor)			
	Flujo	Temperatura	$\Delta h$	Hv3 m* $\Delta h$
	[kg/h]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/h]
1	4,560	165	2,428	11,072,728
2	6,436	165	2,428	15,626,709
3	3,913	165	2,428	9,498,723
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
60	3,981	166	2,429	9,669,156
Propmedio				10,244,336
Energía por hora GJ/h				10
Energía anual GJ/año				89,740

Tabla 3.6 Energía térmica de calderas central de cogeneración con MCI's.

La energía térmica aprovechada en el calentamiento del aceite térmico en la caldera quintuple, se calculó con las temperaturas promedio, el  $c_p$  y el flujo del aceite térmico, como se muestra en la Tabla 3.7.

Energía Térmica o Calor Útil (H)							
Lectura	Caldera quintuple (Aceite Termico)						
	Flujo	Temperatura de entrada	Temperatura de salida	Temperatura Promedio	Cp del aceite	$\Delta h$	Ho
	[Tn/h]	[ °C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg.K]	[kJ/kg]	[kJ/h]
1	380	245	259	252	3	38	14,560,593
2	380	245	259	252	3	38	14,560,593
3	379	245	259	252	3	38	14,522,276
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
60	377	244	259	252	3	41	15,467,148
Propmedio							15,561,180
Energía por hora GJ/h							16
Energía anual GJ/año							136,316

Tabla 3.7 Energía térmica de aceite térmico central de cogeneración con MCI's.

Para finalizar el cálculo del calor útil total, se determinó la energía térmica en los intercambiadores de calor tomando en cuenta el  $c_p$  del agua de 4.1868 kJ/kg °K, la energía térmica total fue  $H= 460,577$  GJ/año, como se puede observar en la Tabla 3.8 y Tabla 3.9.

Energía Térmica o Calor Útil (H)										
Lectura	Intercambiador de calor del MCI 1					Intercambiador de calor del MCI 2				
	Flujo Volumétrico de agua	Temperatura de salida	Temperatura de entrada	$\Delta h$	Energía recuperada	Flujo Volumétrico de agua	Temperatura de salida	Temperatura de entrada	$\Delta h$	Energía recuperada
	[m <sup>3</sup> /h]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/h]	[m <sup>3</sup> /h]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/h]
1	15	86	44	176	2,637,684	21	85	40	188	3,956,526
2	16	87	45	176	2,813,530	22	86	43	180	3,960,713
3	16	88	46	176	2,813,530	23	87	41	193	4,429,634
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
60	17	89	47	176	2,989,375	24	88	43	188	4,521,744
Promedio					3,319,082					4,170,426
Energía por hora GJ/hora					3					4
Energía anual GJ/año					29,075					36,533

Tabla 3.8 Energía térmica de intercambiadores de calor en la central con MCI's.

Energía Térmica o Calor Útil (H)					
Lectura	Intercambiador de calor del MCI 3				
	Flujo Volumétrico de agua [m <sup>3</sup> /h]	Temperatura de salida [°C]	Temperatura de entrada [°C]	$\Delta h$ [kJ/kg]	Energía recuperada [kJ/h]
1	17	85	26	247.0212	4,199,360
2	18	85	28	238.6476	4,295,657
3	19	87	29	242.8344	4,613,854
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
60	20	88	29	247.0212	4,940,424
Promedio					3,900,442
Energía por hora GJ/hora					4
Energía anual GJ/año					34,168

Tabla 3.9 Energía térmica de intercambiadores en la central con MCI's.

### 3.4.3 Memoria de cálculo de la central de cogeneración con TG

Para el cálculo de la energía producida por el combustible en la turbina de gas, se realizó el promedio de los datos de la Tabla 3.10 y se extrapoló a un año; el cálculo de la energía eléctrica se muestra en la misma tabla, teniendo como resultado F= 3,219,837 GJ/año y E= 1,062,534 GJ/año.

Lectura	Combustible (F)	Energía Eléctrica (E)	
	Turbinas de gas Flujo Nm <sup>3</sup> /h	Generación neta kWh/min	Potencia Neta kW
1	10,700	561	33,660
2	10,690	562	33,720
3	10,710	564	33,840
.	.	.	.
.	.	.	.
60	10,800	563	33,780
Promedio	10,617		33,693
Energía por hora GJ/h	368		121
Energía anual GJ/año	3,219,837		1,062,534

Tabla 3.10 Energía de combustible y eléctrica central con TG.

El cálculo del calor útil se realizó con la entalpía de saturación del vapor, y la entalpía que retorna del proceso industrial de cogeneración. La entalpía del flujo de condensado se establece por la CRE. Para calcular el calor total H se consideraron las entalpias de la Tabla 3.11, con ella se obtuvo el calor de la línea de vapor de alta presión y el calor del vapor de la línea de baja presión. La conversión por hora y por año, resultó H=1,118,774 GJ/año

Lectura	Energía Térmica o Calor Útil (H)									
	Vapor al proceso en la línea de alta presión					Vapor a proceso en la línea de baja presión				
	Flujo kg/h	Presión man. bar	Presión abs. bar	$\Delta h_{vAP}$ kJ/kg	$mvAP*(h_{vAP} - h_o)$ kW	Flujo kg/h	Presión man. bar	Presión abs. bar	$\Delta h_{vBP}$ kJ/kg	$mvBP*(h_{vBP} - h_o)$ kW
1	9,850	11	12	2,448	6,698	42,900	7	8	2,432	28,979
2	9,940	11	12	2,448	6,759	41,500	7	8	2,432	28,034
3	9,970	12	13	2,451	6,787	41,300	7	8	2,432	27,899
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
60	10,000	12	13	2,451	6,808	42,000	7	8	2,432	28,371
Promedio					6,783					28,693
Energía por hora GJ/h					24					103
Energía anual GJ/año					213,912					904,862

Tabla 3.11 Energía térmica central con TG.

### 3.4.4 Formulas

Los criterios que se utilizaron para realizar y evaluar las mediciones de las variables energéticas en plantas de cogeneración, fueron las “Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente”, publicado en el DOF del 26 de septiembre de 2012.

#### Cálculo del consumo de combustible

Para el cálculo de la variable F, se consideró el poder calorífico inferior, (PCI), resultados de la cromatografía, y los 60 valores en una hora obtenidos de la medición del flujo volumétrico, ( $\dot{V}_i$ ). Teniendo en cuenta lo anterior, la obtención de F era practicante un promedio expresada en la siguiente formula.

$$F = 10^{-6} \cdot \frac{(t_1 - t_0)}{n} \cdot PCI \cdot \sum_{i=1}^n \dot{V}_i \quad [GJ]$$

Donde:

$PCI$  = Poder Calorífico Inferior del combustible [kJ/Nm<sup>3</sup>]

$\dot{V}_i$  = Flujo volumétrico del combustible [Nm<sup>3</sup>/s]

$t_0$  = Momento inicial del periodo de medida considerado [s]

$t_1$  = Instante final del periodo de medida considerado [s]

$n$  = Número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado, (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), e  
 $i$  = Subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas.

### Cálculo de la energía eléctrica neta

Para la obtención de E, se estimaba la energía eléctrica neta que generaría la central en un año, es decir la energía bruta producida en el proceso de cogeneración menos los usos propios de la propia planta.

$$En = 10^{-6} \cdot \frac{(t_1 - t_0)}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (Eg - Eu)_i \text{ [GJ]}$$

Donde:

$Eg$  = Potencia eléctrica generada [kW]

$Eu$  = Potencia eléctrica enviada a usos propios [kW]

$t_0$  = Momento inicial del periodo de medida considerado (s);

$t_1$  = Instante final del periodo de medida considerado (s);

$n$  = número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), y

$i$  = Subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas.

### Cálculo de la energía térmica o calor útil

Para el cálculo de la energía térmica o calor útil se usaron las siguientes formulas con sus consideraciones correspondientes al tipo de proceso que se estaba analizando en el sistema de cogeneración.

A. Agua líquida y fluidos térmicos.

$$H = 10^{-6} \cdot \frac{(t_1 - t_0)}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{m}_i \cdot (h_1 - h_2)_i \text{ [GJ]}$$

$$H = 10^{-6} \cdot \frac{(t_1 - t_0)}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{m}_i \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2)_i \text{ [GJ]}$$

Donde:

$h_1$  = Entalpia de entrada del fluido de trabajo portador de energía térmica, (kJ/kg)

$h_2$  = Entalpia de salida del fluido de trabajo portador de energía térmica, (kJ/kg)

$\dot{m}$  = Flujo másico del fluido de trabajo portador de energía térmica (kg/s)

$C_p$  = Calor específico del fluido (kJ/kg·°C);

$T_1$  = Temperatura de entrada del fluido de trabajo portador de energía térmica (°C);

$T_2$  = Temperatura de salida del fluido de trabajo portador de energía térmica (°C);

$t_0$  = Momento inicial del periodo de medida considerado (s);

$t_1$  = Instante final del periodo de medida considerado (s);

$n$  = número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), y

$i$  = Subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas.

## B. Vapor de agua.

Si el centro de consumo de calor retorna condensados en una cantidad inferior al 70%:

$$H = 10^{-6} \cdot \frac{(t_1 - t_0)}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\dot{m}_v)_i * (h_v - h_o)_i \text{ [GJ]}$$

Donde:

$\dot{m}_v$  = Flujo másico medido del vapor entregado a proceso (kg/s);

$h_v$  = Entalpia del vapor entregado obtenida a partir de mediciones (kJ/kg);

$h_o$  = Entalpia del agua en estado líquido a 80°C y presión atmosférica. (334.9 kJ/kg);

$t_0$  = Momento inicial del periodo de medida considerado (s);

$t_1$  = Instante final del periodo de medida considerado (s);

$n$  = número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), y

$i$  = Subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas.

### 3.4.5 Resultados

Con las memorias de cálculo de la medición de variables energéticas. Se obtuvieron F, E y H, para cogeneración con MCI's y TG, valores mostrados a continuación.

#### 3.4.5.1 Central de cogeneración con MCI's

F= 2,144,812 GJ/año

E= 852,957 GJ/año

H= 460,577 GJ/año

#### 3.4.5.2 Central de cogeneración con TG

F= 3,219,837 GJ/año

E= 1,062,534 GJ/año.

H=1,118,774 GJ/año

Los diagramas Sankey con los resultados de la medición de variables energéticas de cada sistema de cogeneración se muestran a continuación.

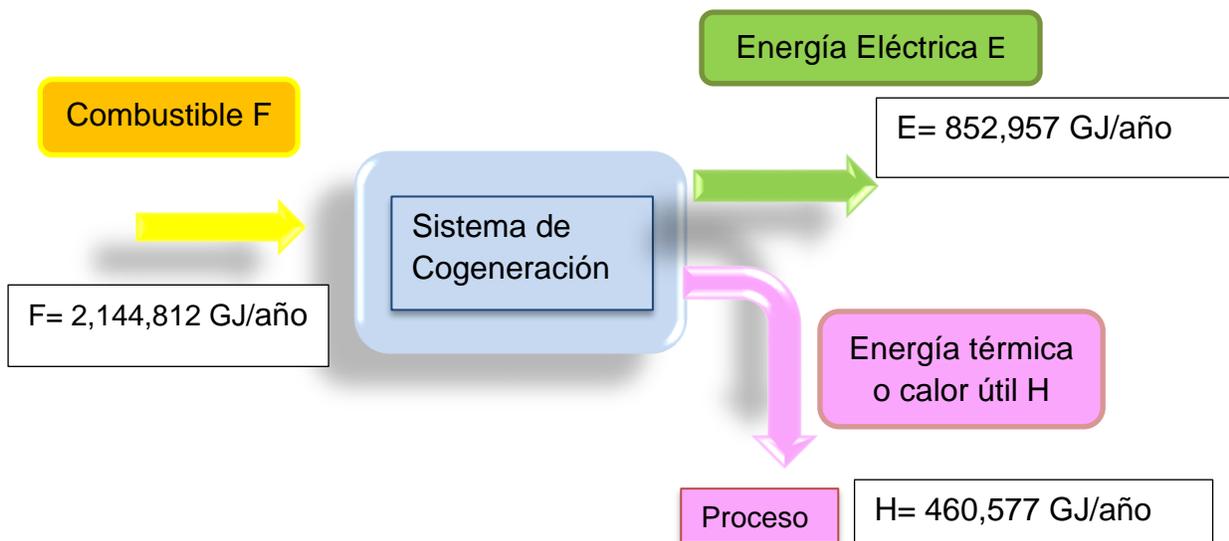


Fig. 3.8 Diagrama sankey de la central de cogeneración con MCI's.

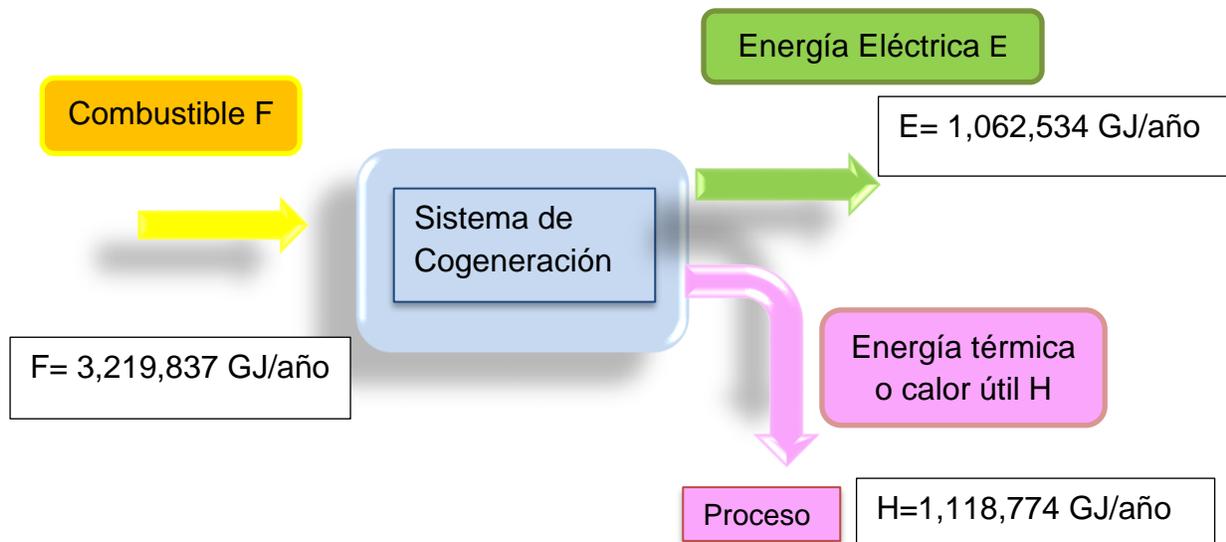


Fig. 3.9 Diagrama sankey de la central de cogeneración con TG.

Los resultados de las mediciones de variables energéticas obtenidas por CGE, fueron considerados por la CRE para calcular la eficiencia de los sistemas de cogeneración con base en la Resolución RES/003/2011. En la central con MCI's y la central con TG se logró la acreditación como cogeneración eficiente.

La evaluación de la eficiencia para acreditar sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente de las centrales de cogeneración se muestra en el Anexo D.

# CAPÍTULO 4

## Estructura de Informe

“Si yo nunca muriera, Si nunca desapareciera.

Allá donde no hay muerte, Allá donde ella es conquista,

Que allá vaya yo...” ----- Nezahualcoyotl

Como producto final de cada proyecto, se redactó el informe de medición de variables energéticas, el documento terminado que se entregó al permisionario tiene la siguiente estructura.

#### **4.1 Resumen ejecutivo**

En esta sección del informe se describieron datos del cliente, del sistema de cogeneración, sus referencias legales (resoluciones expedidas por la CRE), el día y la hora de las mediciones de variables energéticas.

#### **4.2 Introducción**

En este apartado, se describió el proceso de cogeneración del permisionario y el propósito de la medición de variables energéticas en términos de la normatividad aplicable.

#### **4.3 Descripción del proceso de cogeneración**

En esta parte del informe, se describió la configuración de la central y el proceso para la generación de energía eléctrica y energía térmica con base en el consumo de combustible, dicha descripción se derivaba del proceso de revisión que se mencionó en el apartado 3.4.

#### **4.4 Mediciones y toma de muestra**

En este segmento del informe, se expusieron las variables energéticas medidas, los puntos de mediciones que se consideraron y, la descripción de la toma de muestra del gas para la cromatografía.

#### **4.5 Cálculos y análisis de resultados**

En este apartado se describieron las condiciones operativas del sistema de cogeneración.

Se presentaron los cálculos con los datos obtenidos de la medición, además se indicaron las fórmulas usadas para el cálculo de F, E, y H, cálculos mostrados en la sección 3.4 y resultados de la memoria de cálculo de las variables energéticas de la sección 3.4.5.

#### **4.6 Apéndices**

En esta sección del informe, se muestra los datos obtenidos en el SAD de la planta de cogeneración, así como la cromatografía, listas de instrumentos con certificados, y diagramas con los puntos de mediciones señalados.

Por último, CGE Integra la información necesaria para el trámite que deberá realizar el interesado para solicitar su acreditación como cogenerador eficiente ante la CRE.

Los documentos que CGE entregó al término de los proyectos de medición de variables energéticas a su correspondiente permisionario fueron: Acta circunstanciada, Procedimientos de mediciones de variables energéticas, Informe de variables energéticas, Formato de reporte técnico para levantamiento de parámetros-insumo en el cálculo de la eficiencia de sistemas de cogeneración, Diagrama sankey de cogeneración, Diagramas del proceso de cogeneración y Memoria de cálculo.

## Conclusiones

A lo largo de mi desempeño profesional en CGE realicé diversas actividades relacionadas con el área energética en donde confirme y aplique mis conocimientos, desarrollándolos con la habilidad en la gestión y desarrollo de proyectos en centrales de cogeneración, para medición de variables, estudios, contratos de interconexión y trámites para permisos de generación eléctrica.

Los conocimientos adquiridos al inicio de mi desempeño laboral fueron consultar y entender los artículos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y los documentos que complementan esa Ley en la regulación del sector eléctrico y las instituciones gubernamentales que se relacionaban con ellas, dichos conocimientos desembocaron en la actualización de la empresa debido a la implementación de la reforma energético que se estaba llevando a efecto en ese tiempo. Además, mi interés en aprender me llevó a explorar otros ámbitos ajenos a la ingeniería como fueron lo administrativo y legal, ese aprendizaje fue crucial para obtener más responsabilidades que beneficiarían a la empresa.

En el contexto anterior, el reporte de actividades tiene la finalidad de exponer parte de mi experiencia profesional en los proyectos en plantas de cogeneración para medir variables energéticas, calcular y analizar los valores medidos de energía de combustible, térmica y eléctrica. Mi experiencia y aprendizaje resulto en habilidades de planificación, liderazgo en desarrollo de proyectos, trabajo en equipo, además, de adquirir aprendizaje en las disposiciones regulatorias para la medición de variables energéticas en centrales de cogeneración.

Mi primer acercamiento en centrales de cogeneración, fueron con motores de combustión interna, primer proyecto que CGE realizó en medir variables energéticas, por lo que con esta oportunidad mi crecimiento profesional en la gerencia de mediciones se realizó a la par con la experiencia de CGE, debido a esto, mi participación en ese lapso de tiempo también fue en el sistema de calidad que la empresa desarrolló para mejorar sus procesos y dar un mejor servicio.

En el aspecto técnico, desarrollé conocimientos en certificados de calibración, tipos de instrumentos de medición para plantas de cogeneración, identifiqué las distintas configuraciones de ellas, su tecnología con motores de combustión interna o turbinas de gas, la interpretación de Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's), Diagramas de Proceso, en el área eléctrica los diagramas unifilares, subestaciones y distribución de la energía eléctrica generada.

El resultado de la información obtenida y tablas de las mediciones de variables físicas y el cálculo de las variables de energía presentadas en este trabajo, son integradas al

documento que se entrega al solicitante para cumplir parte del requisito establecido para la acreditación de sistemas de cogeneración eficiente ante la CRE. Debo mencionar que mi colaboración profesional en CGE coadyuvó en la acreditación de 5 sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.

Debo reconocer la importancia de la formación académica que he tenido en la carrera de Ingeniería Mecánica, la cual ha contribuido a complementar la experiencia y conocimientos obtenidos en el trabajo profesional, formación necesaria para resolver los problemas que se presentaban en el trabajo.

La implementación de la reforma energética tendrá como efecto la incorporación de nuevas tecnologías y mayor cantidad de centrales de cogeneración que darán mayores oportunidades de empleo para cubrir las necesidades de energía eléctrica para los siguientes años en México; motivos para aprender y desarrollarme en el campo en centrales de cogeneración.

## Referencias

1. Comisión Reguladora de Energía, Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el 22 de febrero de 2011.
2. Comisión Reguladora de Energía, Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente, publicado en el DOF el 26 de septiembre de 2012.
3. Comisión Reguladora de Energía, Modelo de contrato de Interconexión para centrales de generación de energía eléctrica con energía renovable o cogeneración eficiente, publicado en el DOF el 28 de abril de 2010.
4. Comisión Reguladora de Energía, COGENERACIÓN DE ENERGÍA, La nueva regulación aplicable a la Industria de la Cogeneración, 2016, México, D.F., CRE.
5. Comisión Reguladora de Energía, Modelos de contrato para energías renovables y cogeneración eficiente, México, D.F., CRE.
6. Guzmán Lara Enrique, octubre 2013, REGULACIÓN DEL SECTOR ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO, México D.F, Comisión Reguladora de Energía.
7. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, Publicada en el DOF el 22 de diciembre de 1975, última reforma publicada en el DOF el 9 de abril de 2012.
8. Congreso de la Unión, Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, Publicado en el DOF el 28 de noviembre de 2008, última reforma publicada en el DOF el 7 de junio de 2013.
9. Congreso de la Unión, Ley de la Industria eléctrica, Publicado en el DOF el 11 de agosto de 2014.
10. Gobierno Federal, Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, publicado el 31 de mayo de 2007.
11. Gobierno Federal & Secretaria de Energía, enero de 2011, Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

12. Noriega Giral Luis E. & Corporación Rehovot; diciembre 2009, Estudio sobre la cogeneración en el sector industrial en México SENER. México, D.F.: CONUEE/ CRE/ GTZ.
13. Secretaría de Energía, Programa Sectorial de Energía 2007-2012, publicado en el DOF el 21 de febrero de 2008.
14. Secretaría de Gobernación, Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012, publicado en el DOF el 28 de agosto de 2009.
15. Torres Barrón Benjamín & Reyes González Adriana, enero 2013, Guía Fácil del Marco Normativo de la Cogeneración, México, D.F., CRE / GIZ.
16. Villarreal Padilla Jorge, Reforma energética, transición energética y cambio climático,
17. ABSORSISTEM, S.L., Principio de la cogeneración. Fuente, <http://www.absorsistem.com/tecnologia/cogeneracion/principio-de-la-cogeneracion>, consultado el 5 de enero de 2017.
18. Secretaría de Energía, ¿Qué hacemos?, Fuente: <https://www.gob.mx/sener/que-hacemos>, consultado el 27 de mayo 2017
19. Comisión Reguladora de Energía, ¿Qué hacemos?, Fuente, <http://www.gob.mx/cre/que-hacemos>, consultado el 28 de mayo 2017.
20. Centro Nacional de Control de Energía, ¿Qué hacemos?, Fuente, <https://www.gob.mx/cenace/que-hacemos>, consultado el 28 de mayo de 2017.
21. Comisión Federal de Electricidad, Qué es CFE. Fuente, [http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1\\_AcercadeCFE/Paginas/Que-es-CFE.aspx](http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Paginas/Que-es-CFE.aspx), consultado el 28 de mayo de 2017.
22. Comisión Federal de Electricidad, Misión y visión. Fuente, [http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1\\_AcercadeCFE/Paginas/Misionyvision.aspx](http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Paginas/Misionyvision.aspx), consultado el 28 de mayo de 2017.
23. Gobierno de la Republica, Reforma Energética. Fuente: <http://reformas.gob.mx/reforma-energetica/que-es>, consultado el 22 de julio de 2017.
24. Comisión Reguladora de Energía, Formato de reporte técnico para levantamiento de parámetros-insumo en el cálculo de la eficiencia de sistemas de cogeneración.

Fuente, <http://www.cre.gob.mx/documento/3912.pdf>, consultado el 27 de mayo de 2017.

25. COGENERA MÉXICO, Banco de energía, Fuente <http://www.cogeneramexico.org.mx/menu.php?m=58>, consultado el 10 de agosto de 2017.

# Anexos

“No es héroe el que carece de miedo.  
Lo es quien lo siente, lo enfrenta y lo supera.” ----- Roberto Gómez Bolaños.

**Anexo A. Lista de cargos por servicio de transmisión para energías renovables o cogeneración eficiente del año 2010 al 2017.**



**Cargos por Servicios de Transmisión  
para Energías Renovables o Cogeneración Eficiente**



Cargos por Servicios de Transmisión (\$/kWh)	Resolución u Oficio	Mes	Niveles de Tensión		
			Alta	Media	Baja
2010	RES/256/2010	abril	0.03088	0.03088	0.06176
		mayo	0.03103	0.03103	0.06206
		junio	0.03108	0.03108	0.06216
		julio	0.03125	0.03125	0.06250
		agosto	0.03130	0.03130	0.06261
		septiembre	0.03136	0.03136	0.06272
	RES/301/2010	octubre	0.03138	0.03138	0.06275
RES/326/2010	noviembre	0.03150	0.03150	0.06300	
RES/353/2010	diciembre	0.03162	0.03162	0.06323	
2011	RES/381/2010	enero	0.03161	0.03161	0.06321
	RES/005/2011	febrero	0.03179	0.03179	0.06358
	RES/059/2011	marzo	0.03230	0.03230	0.06459
	RES/097/2011	abril	0.03311	0.03311	0.06622
	RES/117/2011	mayo	0.03331	0.03331	0.06663
	RES/162/2011	junio	0.03343	0.03343	0.06687
	RES/206/2011	julio	0.03332	0.03332	0.06665
	RES/251/2011	agosto	0.03342	0.03342	0.06684
	RES/314/2011	septiembre	0.03349	0.03349	0.06699
	RES/376/2011	octubre	0.03388	0.03388	0.06775
	RES/401/2011	noviembre	0.03442	0.03442	0.06885
RES/445/2011	diciembre	0.03490	0.03490	0.06979	
2012	RES/482/2011	enero	0.03511	0.03511	0.07022
	RES/035/2012	febrero	0.03526	0.03526	0.07052
	RES/089/2012	marzo	0.03537	0.03537	0.07074
	RES/118/2012	abril	0.03523	0.03523	0.07047
	RES/145/2012	mayo	0.03533	0.03533	0.07066
	RES/176/2012	junio	0.03539	0.03539	0.07078
	RES/224/2012	julio	0.03554	0.03554	0.07108
	RES/266/2012	agosto	0.03572	0.03572	0.07145
	RES/304/2012	septiembre	0.03456	0.03456	0.06911
	RES/348/2012	octubre	0.03441	0.03441	0.06882
	RES/389/2012	noviembre	0.03446	0.03446	0.06891
RES/428/2012	diciembre	0.03441	0.03441	0.06881	
2013	RES/490/2012	enero	0.03458	0.03458	0.06915
	RES/017/2013	febrero	0.03443	0.03443	0.06886
	RES/062/2013	marzo	0.03431	0.03431	0.06861
	RES/107/2013	abril	0.03431	0.03431	0.06860
	RES/160/2013	mayo	0.03417	0.03417	0.06832
	RES/199/2013	junio	0.03381	0.03381	0.06761
	RES/228/2013	julio	0.03370	0.03370	0.06739
	RES/279/2013	agosto	0.03408	0.03408	0.06815
	RES/330/2013	septiembre	0.03391	0.03391	0.06782
	RES/391/2013	octubre	0.03391	0.03391	0.06782
	RES/470/2013	noviembre	0.03415	0.03415	0.06831
RES/526/2013	diciembre	0.03405	0.03405	0.06812	



**Cargos por Servicios de Transmisión  
para Energías Renovables o Cogeneración Eficiente**



Cargos por Servicios de Transmisión (\$/kWh)	Resolución u Oficio	Mes	Niveles de Tensión		
			Alta	Media	Baja
2014	RES/586/2013	enero	0.03403	0.03403	0.06807
	RES/021/2014	febrero	0.03399	0.03399	0.06798
	RES/054/2014	marzo	0.03434	0.03434	0.06867
	RES/130/2014	abril	0.03460	0.03460	0.06919
	RES/164/2014	mayo	0.03462	0.03462	0.06924
	RES/212/2014	junio	0.03445	0.03445	0.06889
	RES/279/2014	julio	0.03442	0.03442	0.06882
	RES/325/2014	agosto	0.03450	0.03450	0.06897
	RES/388/2014	septiembre	0.03461	0.03461	0.06919
	RES/438/2014	octubre	0.03470	0.03470	0.06937
	RES/495/2014	noviembre	0.03478	0.03478	0.06952
	RES/554/2014	diciembre	0.03494	0.03494	0.06985
2015	RES/601/2014	enero	0.03492	0.03492	0.06982
	RES/045/2015	febrero	0.03552	0.03552	0.07103
	RES/133/2015	marzo	0.03574	0.03574	0.07148
	RES/219/2015	abril	0.03594	0.03594	0.07189
	RES/283/2015	mayo	0.03618	0.03618	0.07238
	RES/374/2015	junio	0.03629	0.03629	0.07260
	RES/444/2015	julio	0.03639	0.03639	0.07280
	RES/502/2015	agosto	0.03654	0.03654	0.07310
	SE/CGPGE/7534/2015	septiembre	0.03687	0.03687	0.07375
	SE/CGPGE/8390/2015	octubre	0.03736	0.03736	0.07473
	SE/CGPGE/13629/2015	noviembre	0.03757	0.03757	0.07515
	SE/CGPGE/13959/2015	diciembre	0.03758	0.03758	0.07517
2016	SE/CGPGE/97/2016	enero	0.03754	0.03754	0.07509
	SE/CGPGE/4250/2016	febrero	0.03775	0.03775	0.07551
	SE/CGPGE/8647/2016	marzo	0.03841	0.03841	0.07682
	SE/CGPGE/10145/2016	abril	0.03899	0.03899	0.07799
	SE/CGPGE/11331/2016	mayo	0.03872	0.03872	0.07745
	SE/CGPGE/16695/2016	junio	0.03877	0.03877	0.07755
	SE/CGPGE/23703/2016	julio	0.03939	0.03939	0.07878
	SE/CGPGE/24750/2016	agosto	0.04017	0.04017	0.08035
	SE/CGPGE/34563/2016	septiembre	0.04050	0.04050	0.08100
	SE/CGPGE/36921/2016	octubre	0.04065	0.04065	0.08130
	SE/CGPGE/44413/2016	noviembre	0.04116	0.04116	0.08232
	SE/CGPGE/46506/2016	diciembre	0.04118	0.04118	0.08235
2017	SE/CGPGE/48339/2016	enero	0.04190	0.04190	0.08379
	SE/CGPGE/9917/2017	febrero	0.04248	0.04248	0.08495
	SE/CGPGE/18680/2017	marzo	0.04376	0.04376	0.08752
	SE/CGPGE/22912/2017	abril	0.04390	0.04390	0.08779
	UE-240/31071/2017	mayo	0.04352	0.04352	0.08703
	UE-240/34357/2017	junio	0.04305	0.04305	0.08610
	UE-240/38609/2017	julio	0.04310	0.04310	0.08620

**Anexo B. Instrumentos de medición de la central de cogeneración con  
MCI's.**

**Medidores Principales de MW**

No	Variable a medir	No Serie
1	Consumo de potencia de la fabrica	MW-1406A553-05
2	Potencia de importación o exportación de/a la red	MW-1504A104-05

**HRSG 1 (Sencillo)**

No	Variable a medir	No. Serie
3	Flujo del vapor a proceso (HRSG 1 sencillo)	H204A826000
4	Temperatura del vapor a proceso (HRSG 1 sencillo)	H204A826000

**Motor 3**

No	Variable a medir	No Serie
5	Flujo del agua caliente a proceso (MCI 3)	H3006626000
6	Temperatura del agua caliente a proceso (MCI 3)	H3006626000
7	Temperatura del agua de entrada (MCI 3)	H20BD524465
8	Flujo del gas natural (MCI 3)	H2082536000
9	Temperatura del gas natural (MCI 3)	H2082536000

**HRSG 2 (Doble)**

No	Variable a medir	No. Serie
10	Flujo del vapor a proceso (HRSG 2 doble)	H207B526000
11	Temperatura del vapor a proceso (HRSG 2 doble)	H207B526000

**Motor 1**

No	Variable a medir	No Serie
12	Flujo del agua caliente a proceso (MCI 1)	H3006726000
13	Temperatura del agua caliente a proceso (MCI 1)	H3006726000
14	Temperatura del agua de entrada (MCI 1)	H20BD725565
15	Flujo del gas natural (MCI 1)	H2082636000
16	Temperatura del gas natural (MCI 1)	H2082636000

**Motor 2**

No	Variable a medir	No Serie
17	Flujo del agua caliente a proceso (MCI 2)	H3006536000
18	Temperatura de agua caliente a proceso (MCI 2)	H3006536000
19	Temperatura del agua de entrada (MCI 2)	H20BD613365
20	Flujo del gas natural (MCI 2)	H2082426000
21	Temperatura del gas natural (MCI 2)	H2082426000

**HRSG 3 (Quíntuple)**

No	Variable a medir	No. Serie
22	Flujo del vapor a proceso (HRSG 3 quíntuple)	EMERSON SERIE: 9587829
23	Temperatura del vapor a proceso (HRSG 3, quíntuple)	TT-203 - SN 1027/14 - 1028/14
24	Flujo del aceite térmico de entrada (HRSG 3, quíntuple)	9588158
25	Temperatura del aceite térmico de entrada (HRSG 3, quíntuple)	TT-206 - SN 1023/14 - 1045/14
26	Temperatura del aceite térmico de salida (HRSG 3, quíntuple)	TT-205 - SN 1023/14 - 1045/14

**Condensado**

No	Variable a medir	No. Serie
27	Flujo de Retorno del Condensado	241913602/X002
28	Temperatura de Retorno del Condensado	241913602/X002

**Motor 4**

No	Variable a medir	No. Serie
29	Flujo del gas natural (MCI 4)	J7068826000
30	Temperatura del gas natural (MCI 4)	J7068826000

**Motor 5**

No	Variable a medir	No. Serie
31	Flujo del gas natural (MCI 5)	J7068926000
32	Temperatura del gas natural (MCI 5)	J7068926000

**Motor 6**

No	Variable a medir	No. Serie
33	Flujo del gas natural (MCI 6)	J8021326000
34	Temperatura del gas natural (MCI 6)	J8021326000

**Motor 7**

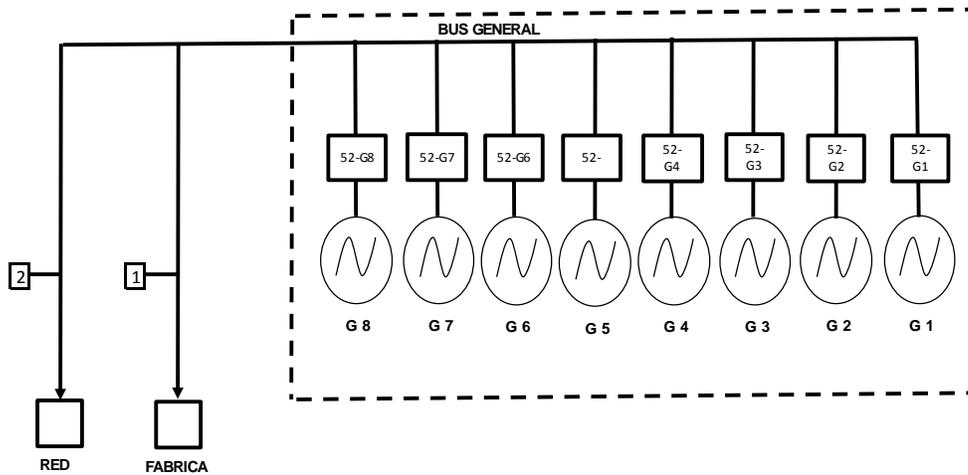
No	Variable a medir	No. Serie
35	Flujo del gas natural (MCI 7)	J8021426000
36	Temperatura del gas natural (MCI 7)	J8021426000

**Motor 8**

No	Variable a medir	No. Serie
37	Flujo del gas natural (MCI 8)	J8021226000
38	Temperatura del gas natural (MCI 8)	J8021226000

## **Anexo C. Diagramas de central de cogeneración con MCI's.**

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's



### ENERGÍA ELÉCTRICA NETA ENTREGADA POR MOTOGENERADORES 1-8

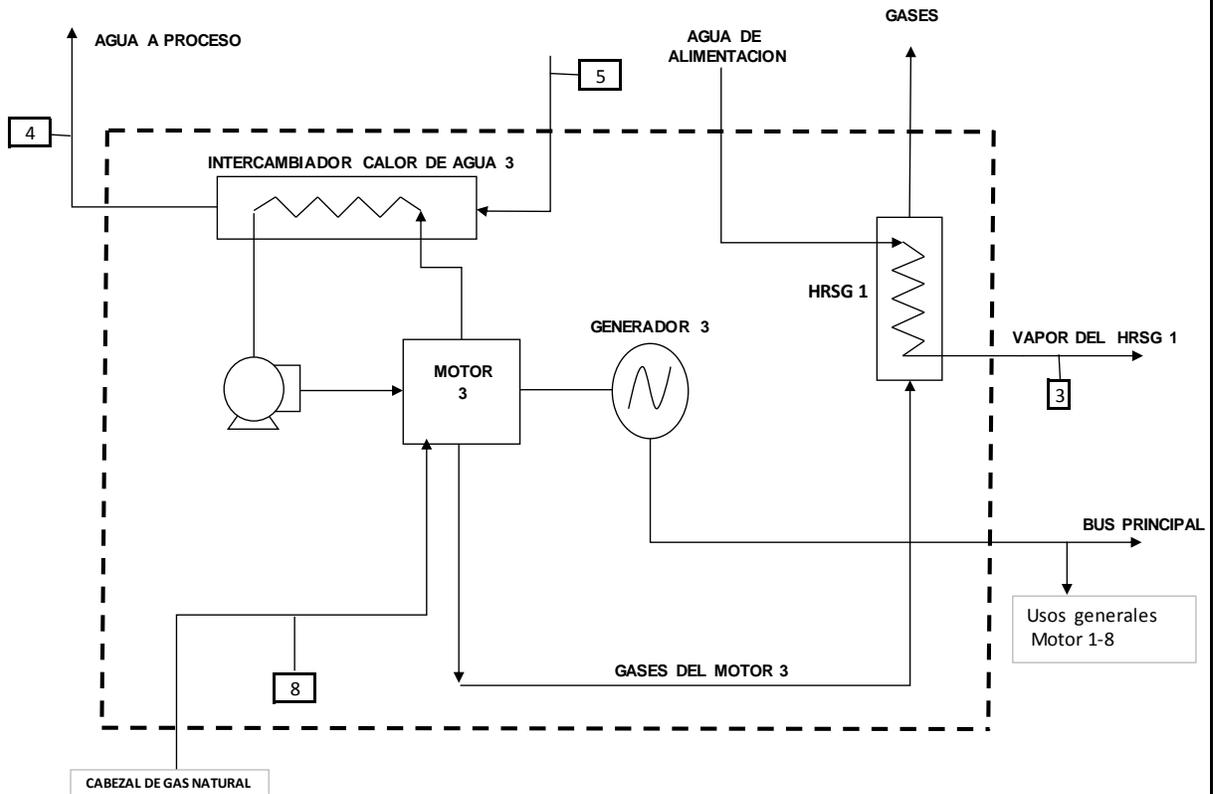
**DESCRIPCION**

- 1. Consumo de potencia de la fabrica
- 2. Potencia de importación o exportación de/a la red

PUNTOS DE MEDICION  
DIAGRAMA UNIFILAR

Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.: Sin	Escala: Sin

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's



### MCI 3 Y HRSG 1

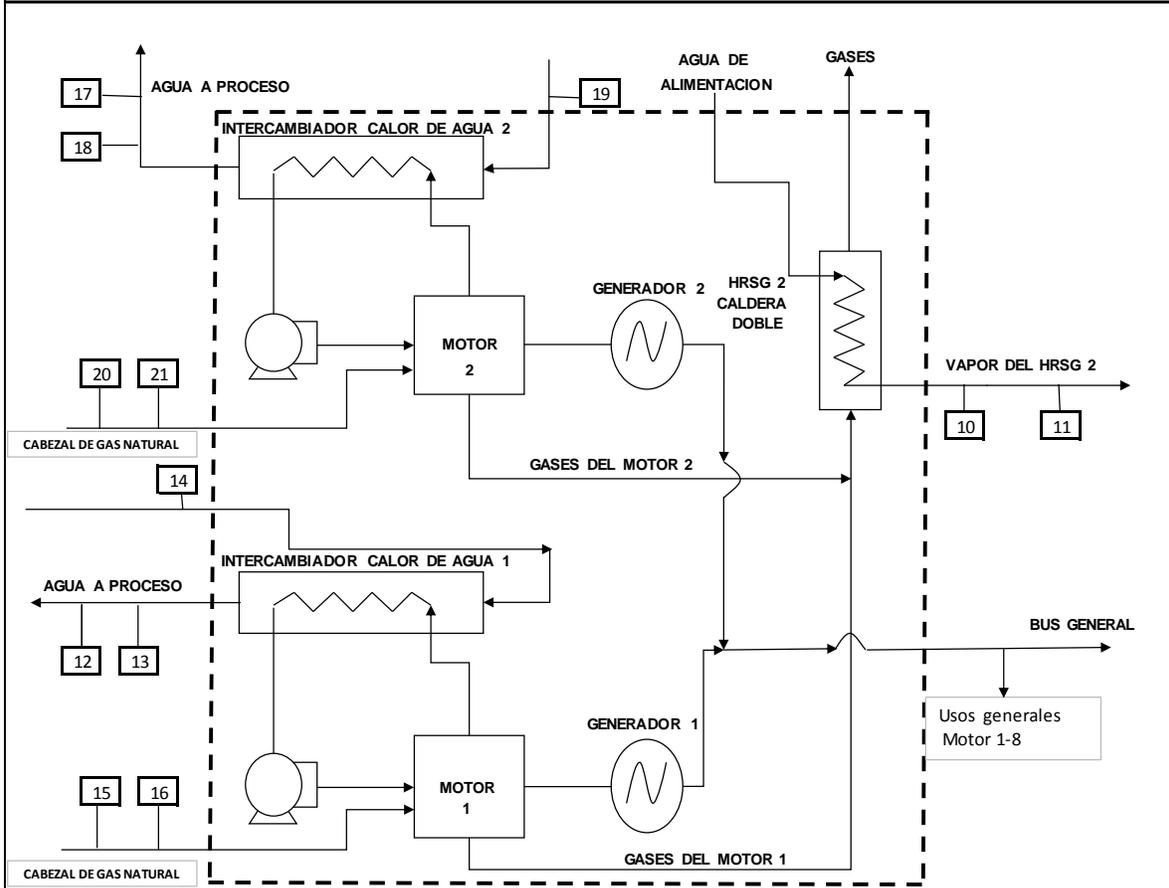
**DESCRIPCION**

- 3. Flujo y Temperatura del vapor de salida a proceso (HRSG 1 sencillo)
- 4. Flujo y Temperatura del agua caliente de salida a proceso 3
- 5. Temperatura del agua de entrada 3
- 6. Flujo y Temperatura del gas natural Motogenerador 3

**PUNTOS DE MEDICION  
DIAGRAMA TERMICO**

Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.:	Escala:
	Sin	Sin

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's



### MCI 1-2 Y 1 HRSG DUAL

#### DESCRIPCION

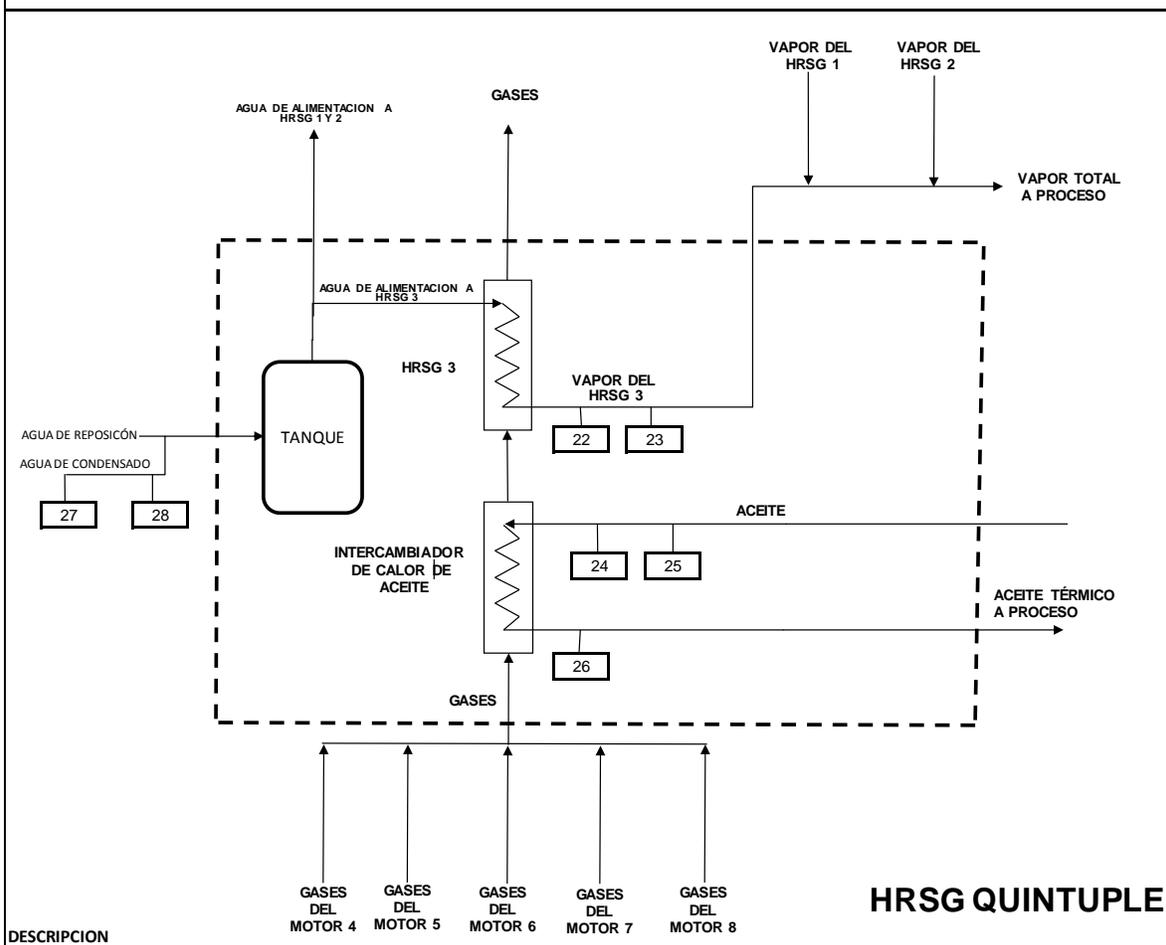
- |   |   |
|---|---|
| 10. Flujo del vapor a proceso (HRSG 2 doble)        | 18. Temperatura del agua caliente a proceso (MCI 2) |
| 11. Temperatura del vapor a proceso (HRSG 2 doble)  | 19. Temperatura del agua de entrada (MCI 2)         |
| 12. Flujo del agua caliente a proceso (MCI 1)       | 20. Flujo del gas natural (MCI 2)                   |
| 13. Temperatura del agua caliente a proceso (MCI 1) | 21. Temperatura del gas natural (MCI 2)             |
| 14. Temperatura del agua de entrada (MCI 1)         |   |
| 15. Flujo del gas natural (MCI 1)                   |   |
| 16. Temperatura del gas natural (MCI 1)             |   |
| 17. Flujo del agua caliente a proceso (MCI 2)       |   |

Notas: Altura sobre el nivel del mar = 2300 m

#### PUNTOS DE MEDICION DIAGRAMA TERMICO

Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.: Sin	Escala: Sin

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's

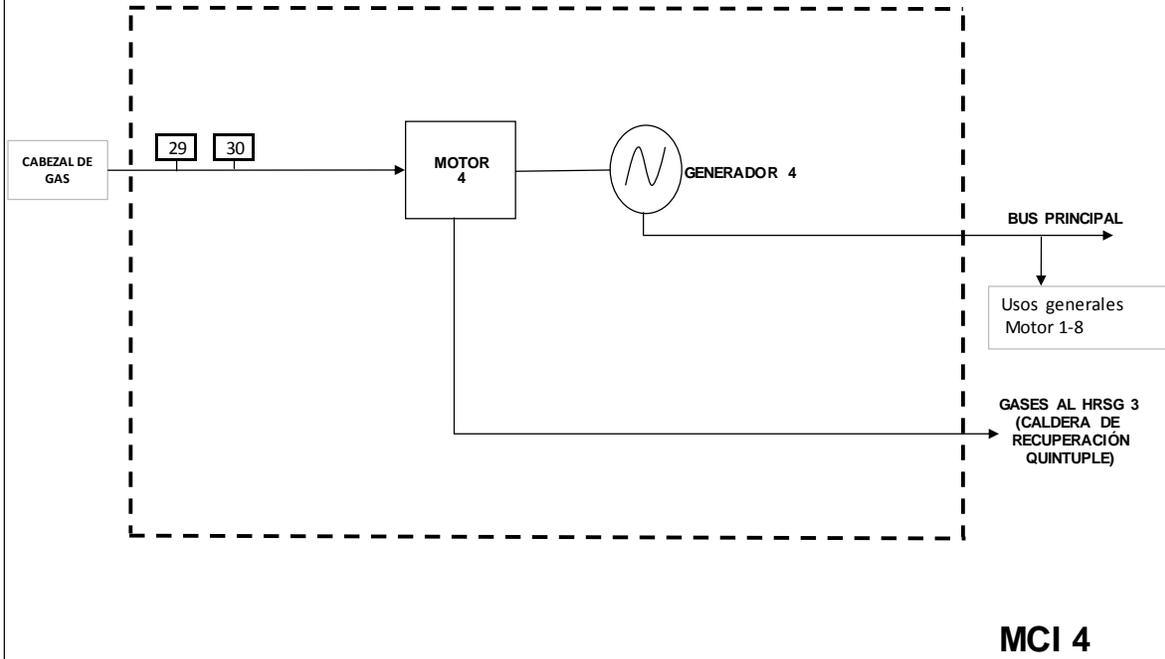


**DESCRIPCION**

- 22. Flujo del vapor a proceso (HRSG 3 quintuple)
- 23. Temperatura del vapor a proceso (HRSG 3 quintuple)
- 24. Flujo del aceite térmico de entrada (HRSG 3 quintuple)
- 25. Temperatura del aceite térmico de entrada (HRSG 3 quintuple)
- 26. Temperatura del aceite térmico de salida a proceso (HRSG 3 quintuple)
- 27. Flujo de retorno del condensado
- 28. Temperatura de retorno del condensado

COGENERACION PROYECTO 2 DIAGRAMA TERMICO		
Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.: Sin	Escala: Sin

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's



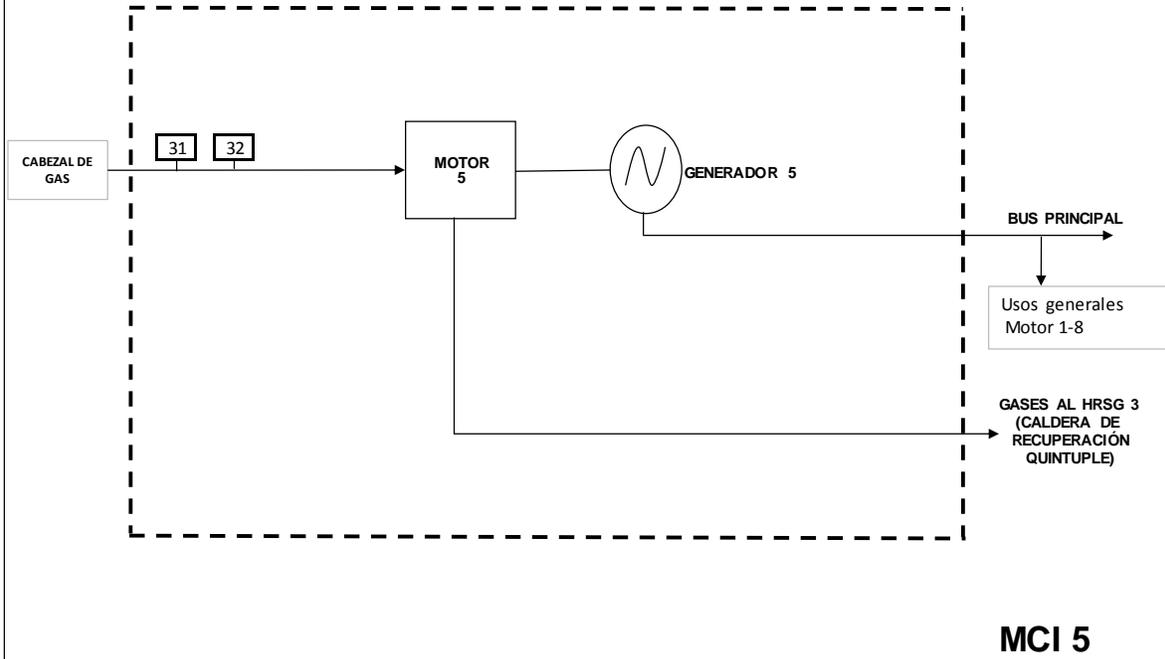
**DESCRIPCION**

- 29. Flujo del gas natural (MCI 4)
- 30. Temperatura del gas natural (MCI 4)

**PUNTOS DE MEDICION  
DIAGRAMA TERMICO**

Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.: Sin	Escala: Sin

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's



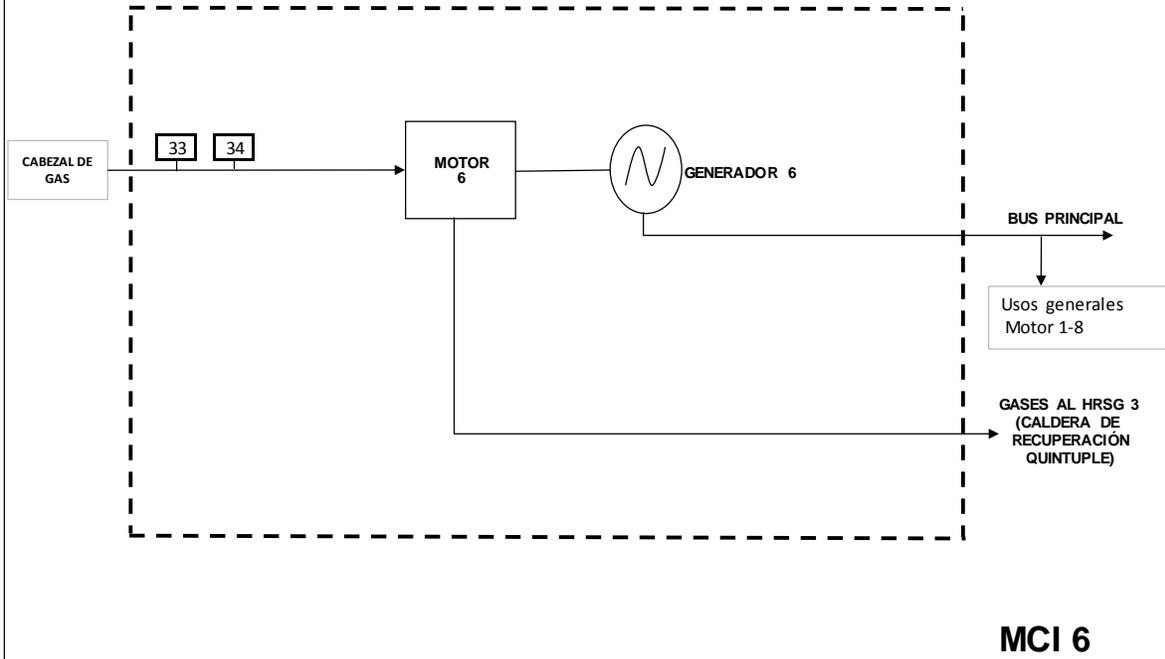
**DESCRIPCION**

- 31. Flujo del gas natural (MCI 5)
- 32. Temperatura del gas natural (MCI 5)

**PUNTOS DE MEDICION  
DIAGRAMA TERMICO**

Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.: Sin	Escala: Sin

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's



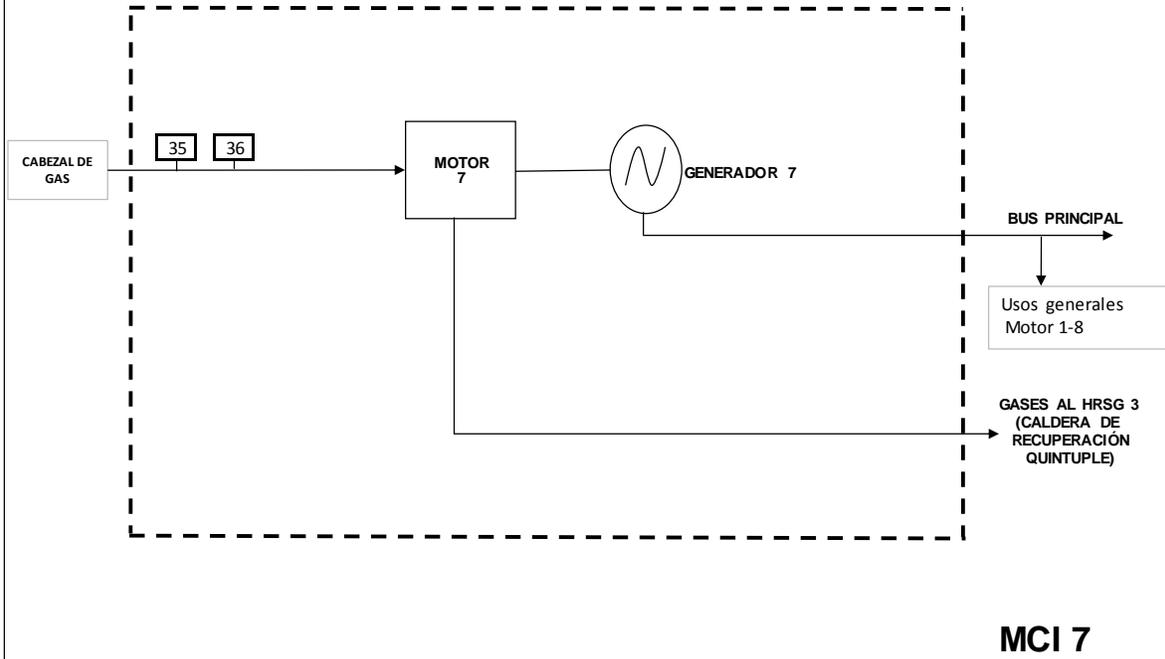
**DESCRIPCION**

33. Flujo del gas natural (MCI 6)  
 34. Temperatura del gas natural (MCI 6)

**PUNTOS DE MEDICION  
 DIAGRAMA TERMICO**

Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.: Sin	Escala: Sin

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's



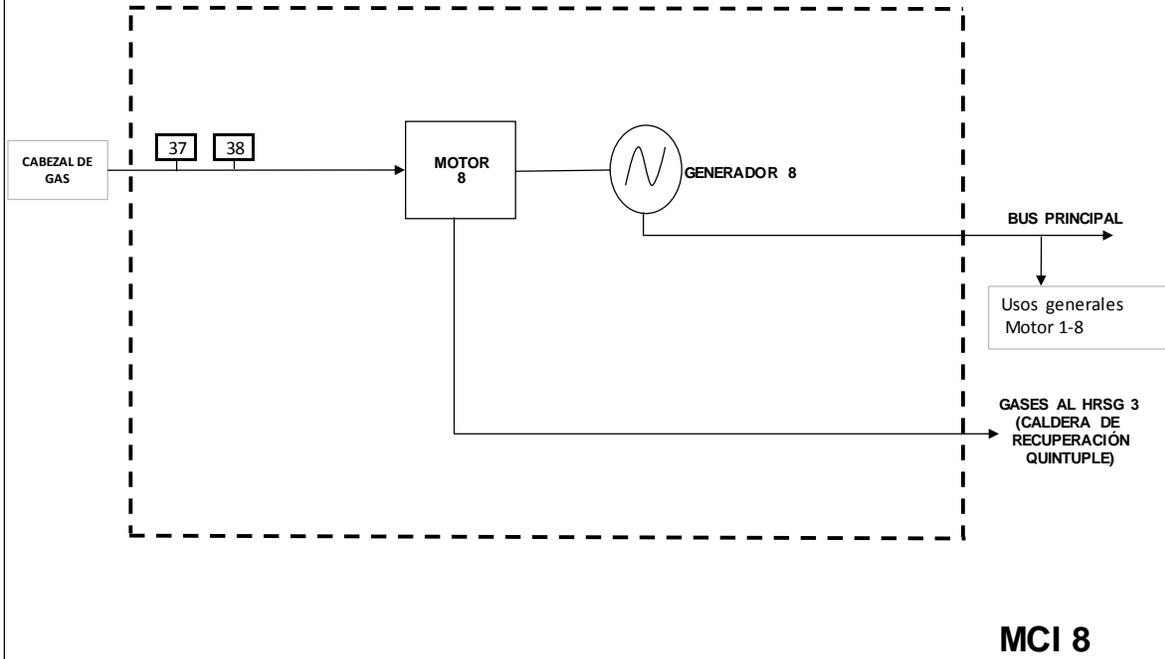
**DESCRIPCION**

35. Flujo del gas natural (MCI 7)  
 36. Temperatura del gas natural (MCI 7)

**PUNTOS DE MEDICION  
 DIAGRAMA TERMICO**

Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.: Sin	Escala: Sin

## Central de cogeneración con motores de combustión interna MCI's



**DESCRIPCION**

37. Flujo del gas natural (MCI 8)  
 38. Temperatura del gas natural (MCI 8)

**PUNTOS DE MEDICION  
 DIAGRAMA TERMICO**

Dibujó:	Fecha: 23/10/2015	Dibujo No.: 1
Revisó:	Acotac.: Sin	Escala: Sin

**Anexo D. Evaluación de eficiencias para acreditar las centrales de cogeneración con MCI's y TG como cogeneración eficiente.**

## Ficha Técnica

Central de cogeneración		MCI's	TG
Capacidad instalada	[MW]	27.2	60
Altura sobre el nivel del mar	ASNM [m]	2,267.00	2,400.00
Tensión de interconexión	[kV]	115	115
Rendimiento de referencia eléctrica	RefE [%]	44%	44%
Rendimiento de referencia térmica	RefH [%]	90.00%	90.00%
Criterio de eficiencia	$\eta_{min}$ [%]	10	15
Combustible	F [GJ/año]	2,144,812	3,219,837
Energía Eléctrica Neta	E [GJ/año]	852,957	1,062,534
Energía Térmica	H [GJ/año]	460,577	1,118,774

## Resultados

Central de cogeneración		MCI's	TG
Factor de pérdidas	fp [%]	98%	98%
Rendimiento de referencia eléctrico	RefE' [%]	43.12%	43.12%
Combustible en producción de calor	Fh=H/RefH [GJ/año]	511,752.22	1,243,082.22
Combustible en generación eléctrica	Fe=F-Fh [GJ/año]	1,633,059.78	1,976,754.78
Energía primaria	EP=H/RefH+ E/RefE' [GJ/año]	2,489,852.87	3,707,214.88
Ahorro de energía primaria	AEP= EP-F [GJ/año]	345,040.87	487,377.88
Energía eléctrica generada por convencional	Econv=Fe*RefE [GJ/año]	718,546.30	869,772.10
Energía eléctrica libre de combustible	Elc=AEP*RefE [GJ/año]	151,817.98	214,446.27
Eficiencia de un sistema	$\eta = Elc/Econv$ [%]	21.13%	24.66%
	$\eta = AEP/FE$ [%]	21.13%	24.66%

Las centrales con MCI's y TG, si acreditan como cogeneración eficiente.

$$\eta_{min} = 10\% < \eta_{MCI's} = 21.13\%$$

$$\eta_{min} = 15\% < \eta_{TG} = 24.66\%$$

**Anexo E. Autorización a CGE para realizar la medición de variables energéticas para la acreditación de sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente.**



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

RESOLUCIÓN Núm. RES/1129/2017

**RESOLUCIÓN POR LA QUE LA COMISION REGULADORA DE ENERGÍA AUTORIZA A CONSULTORÍA Y GESTORÍA ENERGÉTICA, S. A. DE C. V., PARA REALIZAR LA MEDICIÓN DE VARIABLES EN LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN, DE CONFORMIDAD CON LAS DISPOSICIONES GENERALES PARA ACREDITAR SISTEMAS DE COGENERACIÓN COMO DE COGENERACIÓN EFICIENTE**

#### **R E S U L T A N D O**

**PRIMERO.** Que, mediante la Resolución RES/141/2014 del 10 de abril de 2014, la Comisión Reguladora de Energía (la Comisión) en términos de las Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente (las Disposiciones), otorgó a Consultoría y Gestoría Energética, S. A. de C. V. (la Solicitante), la autorización para realizar la medición de variables en los sistemas de cogeneración de los permisionarios que soliciten acreditar su sistema de cogeneración como de cogeneración eficiente.

**SEGUNDO.** Que el 13 de marzo y 18 de abril de 2017, la Solicitante presentó ante la Comisión diversa información con la que pretende cumplir con los requisitos establecidos en la Disposición Séptima de las Disposiciones, a efecto de obtener de nuevo su autorización para medir variables en los sistemas de cogeneración.

#### **C O N S I D E R A N D O**

**PRIMERO.** Que, de conformidad con el artículo 22, fracción X, de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (LORCME), la Comisión está facultada para otorgar permisos, autorizaciones y emitir los demás actos administrativos vinculados a las materias reguladas.

**SEGUNDO.** Que el Transitorio Décimo, párrafo primero, de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) establece que los permisos de cogeneración objeto de procedimientos de medición de variables para ser acreditados como cogeneración eficiente, conservaran su vigencia original y realizarán sus actividades en términos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y demás disposiciones emanadas de la misma, en lo que no se oponga a lo dispuesto en la LIE y sus artículos transitorios.

RES/1129/2017



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

**TERCERO.** Que el Transitorio Segundo, párrafo tercero, de la LIE señala que los permisos de cogeneración otorgados al amparo de la LSPEE continuarán rigiéndose en los términos de dicha ley y demás disposiciones emanadas de la misma, en lo que no se oponga a lo anterior, por lo dispuesto en la LIE y sus artículos transitorios.

**CUARTO.** Que, en cumplimiento con lo establecido en la Disposición Séptima de las Disposiciones, la Solicitante exhibió la siguiente documentación:

- a) Formato CRE-DGEER-012 denominado solicitud de autorización a las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración;
- b) La copia de la escritura pública número 26,976, de fecha 27 de abril de 2005, otorgada mediante la fe del Lic. Mario Pérez Salinas, titular de la notaría número 170 del Distrito Federal, en la que se hace constar la Constitución de Consultoría y Gestoría Energética, S. A. de C. V., que otorgan las personas Ramón Sandoval Peña y Elvira Muñoz Gaspar.
- c) La copia de la escritura pública número 37,418 de fecha 12 de agosto de 2013, otorgada mediante la fe de la Lic. Ana de Jesús Jiménez Montañez, titular de la notaría número 146 del Distrito Federal, en la que se hace la modificación del objeto social de la Solicitante quedando como sigue:
  - I. Realizar la medición y análisis de variables en sistemas de cogeneración, de conformidad con las disposiciones generales publicadas por las autoridades, para acreditar sistemas de cogeneración, como de cogeneración eficientes.
  - II. Realizar la medición de variables térmicas y eléctricas en instalaciones industriales y de generación de energía eléctrica que utilicen fuentes de energía convencional o renovable, y realizar estudios para el aprovechamiento y uso eficiente de la energía.
- d) Relación del personal con los nombres, perfil profesional, funciones y experiencia en medición de variables involucradas en sistemas relacionados con el sector energético (Anexo 1 de la presente Resolución); asimismo, presentó la información documental que acredita su formación profesional y capacitación en el uso y manejo de equipos de medición y técnicas de medición.



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

- e) Listado de inventario de equipos que demuestran que la Solicitante cuenta con la infraestructura suficiente para prestar los servicios que soliciten los permisionarios (Anexo 2 de la presente Resolución); Asimismo, la Solicitante manifestó que en los casos en que los permisionarios no posean el (los) equipo (s) para medir alguna variable y, la Solicitante no cuente con él, llevará a cabo la adquisición o renta de un equipo similar para dar cumplimiento a la medición de variables solicitada.

**QUINTO.** Que, de la evaluación de la documentación a que se refiere el Considerando anterior, la Comisión considera que la Solicitante cumple con los requisitos de mérito y cuenta con la experiencia y capacidad técnica, para realizar la medición de variables en los sistemas de cogeneración de aquellos permisionarios que soliciten acreditar sus sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.

**SEXTO.** Que la disposición octava de las Disposiciones establece que las autorizaciones de las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración tendrán una vigencia de tres años.

**SÉPTIMO.** Que la disposición novena de las Disposiciones establece que serán causales de cancelación de la autorización para realizar la medición de variables en los sistemas de cogeneración, las siguientes:

- I. Incumplir cualquiera de las condiciones y obligaciones que la Comisión establezca en la autorización otorgada;
- II. No observar los procedimientos de medición de variables para la evaluación de sistemas de cogeneración;
- III. Hacer constar información o datos erróneos o falsos en los reportes técnicos;
- IV. Ejecutar las actividades de medición de variables en sistemas de cogeneración por personal diverso al relacionado en la solicitud de autorización;
- V. Haber entregado información errónea o falsa con la solicitud de autorización, si ello se comprueba con posterioridad al otorgamiento;
- VI. No entregar a la Comisión, en forma oportuna y completa, la información que sea requerida respecto al desempeño de la actividad autorizada;



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

- VII. Impedir u obstaculizar las funciones de verificación y vigilancia de la Comisión tendientes a constatar la veracidad de la información proporcionada por la persona autorizada;
- VIII. Negar de manera injustificada el servicio que soliciten los permisionarios, y
- IX. Utilizar la autorización de la Comisión en forma indebida, con fines diferentes a aquél para el cual fue otorgada.

**OCTAVO.** Que, habiendo cumplido con los requisitos necesarios para su autorización como persona que realiza la medición de variables en los sistemas de cogeneración (persona autorizada), la Solicitante también deberá cumplir bajo su más estricta responsabilidad con las obligaciones derivadas de las disposiciones jurídicas aplicables y las Condiciones de operación (Anexo 3 de la presente Resolución), sin perjuicio de la revisión o verificación de sus actividades por parte de la Comisión.

**NOVENO.** Que, la información contenida en el Anexo 1, 2 y 3 de la presente Resolución, se conservará como reservada, toda vez que la Unidad de Electricidad así la clasificó, de conformidad con el artículo 110, fracciones III y VI, de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, el cual establece que se podrá clasificar como información reservada aquella que se entregue al Estado mexicano expresamente con ese carácter y obstruya las actividades de verificación, inspección y auditorías relativas al cumplimiento de las leyes.

Por lo anterior, y con fundamento en los artículos 2, fracción II, 3, 4, párrafo primero, 5, 22, fracciones I, III, X y XXIV, 27, 41, fracción III y 42 de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética; 3, fracción I, y 36, fracción II de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; Transitorios Décimo párrafo primero, Décimo Segundo, párrafo tercero, fracción IV, y Vigésimo Primero de la Ley de la Industria Eléctrica; 2, fracción II del Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; Transitorio Décimo de la Ley de Transición Energética; 110, fracción III y VI, de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 1, 2, 4, 7, fracción I, 12 y 18, fracción I del Reglamento Interno de la Comisión Reguladora de Energía y Capítulos Primero y Tercero de las Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente, la Comisión:

RES/1129/2017

4



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

## RESUELVE

**PRIMERO.** Se autoriza a Consultoría y Gestoría Energética, S. A. de C. V., para realizar la medición de variables en los sistemas de cogeneración de los permisionarios que soliciten acreditar su sistema de cogeneración como de cogeneración eficiente.

**SEGUNDO.** La autorización a que se refiere el resolutivo Primero surtirá sus efectos a partir del 15 de junio de 2017 y estará vigente hasta el 15 de junio de 2020.

**TERCERO.** La Comisión Reguladora de Energía podrá realizar visitas de verificación y/o requerir información a Consultoría y Gestoría Energética, S. A. de C. V., para comprobar el cumplimiento de las Disposiciones generales y de las Condiciones de operación, establecidas en la autorización, por parte de las personas autorizadas.

**CUARTO.** Notifíquese la presente Resolución a Consultoría y Gestoría Energética, S. A. de C. V., y hágase de su conocimiento que el presente acto administrativo solo podrá impugnarse a través del juicio de amparo indirecto, conforme a lo dispuesto por el artículo 27 de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética. El expediente respectivo se encuentra y puede ser consultado en las oficinas de la Comisión Reguladora de Energía, ubicadas en boulevard Adolfo López Mateos 172, colonia Merced Gómez, Benito Juárez, código postal 03930, Ciudad de México.



COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA

**QUINTO.** Inscribese la presente Resolución bajo el número **RES/1129/2017**, en el registro a que se refieren los artículos 22, fracción XXVI, y 25, fracción X, de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética.

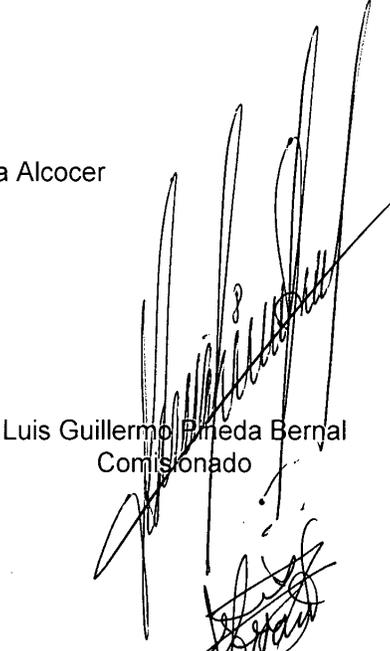
Ciudad de México, a 15 de junio de 2017



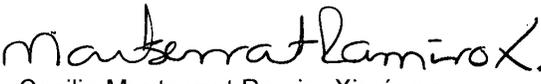
Guillermo Ignacio García Alcocer  
Presidente



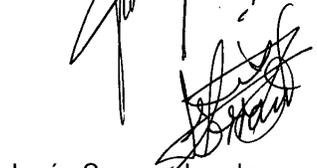
Marcelino Madrigal Martínez  
Comisionado



Luis Guillermo Pineda Bernal  
Comisionado



Cecilia Montserrat Ramiro Ximénez  
Comisionada



Jesús Serrano Landeros  
Comisionado



Guillermo Zúñiga Martínez  
Comisionado

**Anexo F. Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente.**

## SECRETARIA DE ENERGIA

### **Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide la metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la Cogeneración Eficiente.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Comisión Reguladora de Energía.

#### **RESOLUCION Núm. RES/003/2011**

RESOLUCION POR LA QUE LA COMISION REGULADORA DE ENERGIA EXPIDE LA METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE COGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA Y LOS CRITERIOS PARA DETERMINAR LA "COGENERACION EFICIENTE".

#### **RESULTANDO**

**PRIMERO.** Que el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 determina como parte de sus estrategias, en materia de energía, promover el uso eficiente y la adopción de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica; fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles, e intensificar los programas de ahorro de energía incluyendo el aprovechamiento de las capacidades de cogeneración, a través de un marco jurídico que promueva las inversiones que impulsen el potencial que tiene el país en la materia.

**SEGUNDO.** Que el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 establece, dentro de sus estrategias, fomentar la generación de energía eléctrica eficiente a través de las figuras de autoabastecimiento y cogeneración; integrar propuestas de política pública que impulsen el aprovechamiento del potencial de cogeneración eficiente, y promover un conjunto de disposiciones que permitan a esta Comisión Reguladora de Energía (esta Comisión) ampliar y reforzar sus atribuciones en materia de regulación y fomento de la cogeneración eficiente.

**TERCERO.** Que el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 establece como meta que el Sistema Eléctrico Nacional deberá contar con una capacidad adicional instalada de 2876 MW en proyectos de autoabastecimiento y cogeneración, lo que implica que el impulso a las inversiones respectivas deberá seguir reforzando su papel complementario para contribuir a la satisfacción de la creciente demanda eléctrica de México.

**CUARTO.** Que el Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012 plantea entre sus objetivos el fomento a la participación del sector privado en la generación de energía eléctrica con fuentes renovables de energía y con la cogeneración eficiente, como herramientas para la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, para lo cual es necesario avanzar en la consolidación de marcos regulatorios adecuados.

**QUINTO.** Que la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía tiene como objetivo primordial promover la utilización, el desarrollo y la inversión en las energías renovables y la eficiencia energética a través de, entre otras acciones, la diversificación de fuentes primarias de energía incrementando la oferta de las fuentes de energía renovable, así como la difusión de medidas para la eficiencia energética.

**SEXTO.** Que el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables señala como línea de acción, en materia de infraestructura, estudiar la posible aplicación de instrumentos regulatorios para el impulso de la cogeneración eficiente, tomando en cuenta las características propias de este tipo de proyectos.

#### **CONSIDERANDO**

**PRIMERO.** Que, en términos de lo establecido en los artículos 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y 103 de su Reglamento, se establece como cogeneración:

- I. La generación de energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas;
- II. La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate, o

- III. La generación directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate.

Lo anterior, siempre que en cualesquiera de los casos apuntados se incrementen las eficiencias energética y económica de todo el proceso.

**SEGUNDO.** Que la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) otorga diversas atribuciones a la Secretaría de Energía (Sener) y a esta Comisión con el objeto de regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica.

**TERCERO.** Que el artículo 7, fracción I, de la LAERFTE establece que la Comisión tiene la atribución de expedir, entre otras disposiciones administrativas, las metodologías que regulen la generación de electricidad a partir de energías renovables.

**CUARTO.** Que el artículo 20 de la LAERFTE señala que las atribuciones de esta Comisión, establecidas en el artículo 7 del mismo ordenamiento, se aplicarán a los sistemas de cogeneración aunque no utilicen energías renovables, siempre y cuando dichos sistemas cumplan con el criterio de eficiencia que establezca esta Comisión.

**QUINTO.** Que el artículo 2, fracción II, del Reglamento de la LAERFTE establece que la cogeneración eficiente es la generación de energía eléctrica, conforme a lo establecido en el artículo 36, fracción II, de la LSPEE, siempre que el proceso tenga una eficiencia superior a la mínima que establezca para tal efecto esta Comisión.

**SEXTO.** Que la regulación para el aprovechamiento de la cogeneración eficiente a través de proyectos que pueden realizar los particulares de manera complementaria a la inversión gubernamental, debe crear condiciones que reconozcan las características específicas de cada tecnología, con el propósito de que los costos en que se incurra con dichos proyectos resulten competitivos en función de los recursos energéticos con los que cuenta el país.

**SEPTIMO.** Que este tipo de proyectos producen beneficios tales como el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos; el cuidado del medio ambiente y la salud; el desarrollo de la capacidad industrial; la creación de empleos; el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia ambiental y de cambio climático; la diversificación del parque de generación eléctrica con el consecuente aumento en la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional; la disminución de la variabilidad de los costos de generación de electricidad; la participación social y privada en la inversión requerida por el sector eléctrico para satisfacer la demanda nacional, y la disminución de la dependencia nacional de los hidrocarburos.

**OCTAVO.** Que esta Comisión analizó los esquemas regulatorios que para este propósito han adoptado los Estados Unidos de América, la Unión Europea, Gran Bretaña, España y Brasil, y determinó que, para el caso de México, resulta conveniente adoptar una variante simplificada de la metodología adoptada por la Unión Europea.

**NOVENO.** Que esta Comisión consideró necesario establecer una metodología que incluya los aspectos generales de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica con la finalidad de verificar que éstos cumplan con el criterio de eficiencia establecido en porcentajes mínimos, el cual permitirá calificar a los sistemas como cogeneración eficiente.

**DECIMO.** Que esta Comisión, una vez que se elaboró la metodología que se aprueba en esta Resolución, realizó una comparación con el esquema adoptado por otros países o regiones del mundo (Anexo 2).

**UNDECIMO.** Que en cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, con fecha 21 de diciembre de 2010 esta Comisión, por conducto de la Oficialía Mayor de la Sener, remitió a la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (Cofemer) la Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR) correspondiente al anteproyecto de la presente Resolución.

**DUODECIMO.** Que, con fecha 23 de diciembre de 2010, esta Comisión recibió el oficio COFEME/10/3873 emitido por la Cofemer, en el que se comunicó el dictamen final sobre la MIR.

**DECIMOTERCERO.** Que los actos administrativos de carácter general que expidan las dependencias y organismos descentralizados de la Administración Pública Federal deberán publicarse en el Diario Oficial de la Federación para que produzcan efectos jurídicos, de conformidad con el artículo 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

Por lo anterior, y con fundamento en los artículos 2, fracción II, y último párrafo, 3, fracciones XIV y XXII, 4 y 11 de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía; 7, fracción I, y 20 de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; 3, fracción I, y 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; 2, fracción II, del Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; 103 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, y 1, 2, 3, fracción VI, inciso a), 33, 34, fracción XXXI, 35 y 36, fracción III, del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, esta Comisión Reguladora de Energía:

### RESUELVE

**PRIMERO.** Se expide la Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente, mismos que forman parte de la presente Resolución como Anexo 1.

**SEGUNDO.** Publíquese la presente Resolución y sus Anexos 1 y 2, en el Diario Oficial de la Federación.

**TERCERO.** Notifíquese la presente Resolución a la Comisión Federal de Electricidad, y hágase de su conocimiento que contra el presente acto administrativo podrá interponerse el recurso de reconsideración que prevé el artículo 11 de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, y que el expediente respectivo se encuentra y puede ser consultado en las oficinas de esta Comisión Reguladora de Energía, ubicadas en Horacio 1750, Col. Los Morales Polanco, Deleg. Miguel Hidalgo, 11510, México, D.F.

**CUARTO.** Inscríbese la presente Resolución en el registro a que hace referencia la fracción XVI del artículo 3 de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía bajo el número RES/003/2011.

México, Distrito Federal, a 13 de enero de 2011.- El Presidente, **Francisco Javier Salazar Diez de Sollano**.- Rúbrica.- Los Comisionados, **Francisco José Barnés de Castro**, **Israel Hurtado Acosta**, **Rubén F. Flores García**, **Noé Navarrete González**.- Rúbricas.

### ANEXO 1

#### METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE COGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA Y CRITERIOS PARA DETERMINAR LA COGENERACION EFICIENTE

##### 1. Alcance y objetivos

1.1 La Comisión Reguladora de Energía (la Comisión) ha aprobado esta **Metodología** con los objetivos siguientes:

- I. Cumplir con la política energética del país;
- II. Promover el desarrollo de la generación de energía eléctrica a partir de proyectos de **Cogeneración Eficiente**;
- III. Promover la participación social y privada en el desarrollo eficiente de proyectos de generación de energía eléctrica, y
- IV. Diseñar un régimen predecible, estable y transparente que ofrezca flexibilidad y no imponga cargas innecesarias a las empresas.

Esta **Metodología** será aplicable a los **Sistemas** de cogeneración que pretendan ser considerados como **Cogeneración Eficiente**, salvo las siguientes excepciones, que recibirán los beneficios aplicables a la Cogeneración Eficiente sin tener que cumplir con lo previsto en esta **Metodología**:

- Los Sistemas con capacidad total instalada menor o igual a 30 kW.
- Los Sistemas que utilicen para la generación de electricidad la energía térmica no aprovechada en el proceso o los combustibles generados en el proceso y no requieran para ello del uso adicional de combustible fósil. Esta exención no aplica a los procesos de la industria petrolera.

##### 2. Definiciones

- 2.1 **Cogeneración Eficiente:** Es la generación de energía eléctrica, conforme a lo establecido en la fracción II del artículo 36 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), siempre que el proceso tenga una eficiencia superior a la mínima que establezca para tal efecto la Comisión.
- 2.2 **Sistema:** La central de generación de energía eléctrica con proceso de cogeneración, conforme a lo establecido en la fracción II del artículo 36 de la LSPEE.
- 2.3 **Metodología:** Metodología que permite calcular la eficiencia de un **Sistema** con el objeto de determinar si éste se considera como **Cogeneración Eficiente**.
- 2.4 **Permisionario:** El titular de un permiso de cogeneración de energía eléctrica.
- 2.5 **Suministrador:** La Comisión Federal de Electricidad.
- 2.6 **SEN:** El Sistema Eléctrico Nacional.

### 3. Metodología para determinar la eficiencia de procesos de cogeneración de energía eléctrica

3.1 Para el cálculo de la eficiencia de un **Sistema**, se consideran aspectos tales como:

- E La energía eléctrica neta, medida en el punto de conexión de los generadores principales, generada en un **Sistema** durante un año.
- F El combustible fósil empleado en un **Sistema** a lo largo de un año, medido sobre poder calorífico inferior.
- H La energía térmica neta o el calor útil generado en un **Sistema** y empleado en un proceso productivo durante un año.

(Nota: deberá restarse la energía térmica del agua de alimentación a la energía térmica del vapor o agua caliente producidos en el proceso).

3.2 Considerando los aspectos del punto 3.1, el cálculo de la eficiencia de un **Sistema** será de la siguiente forma:

*Re* Rendimiento eléctrico medio de un **Sistema**, calculado como:

$$Re = \frac{E}{F}$$

*Rh* Rendimiento térmico medio de un **Sistema**, calculado como:

$$Rh = \frac{H}{F}$$

*RefE* Rendimiento de referencia para la generación eléctrica a partir de un combustible fósil en una central eficiente con tecnología actual, medido sobre la base del poder calorífico inferior del combustible. Se considera que la central de generación se interconecta con el **SEN** en alta tensión.

*RefH* Rendimiento de referencia para la generación térmica a partir de un combustible fósil en una central convencional eficiente de tecnología actual, medido sobre la base del poder calorífico inferior del combustible.

*fp* Factor de pérdidas de energía eléctrica debidas a la transmisión y distribución desde el nivel de alta tensión hasta el nivel de tensión al que se interconecta el **Sistema**, calculado como:

$$fp = 1 - \% \text{ pérdidas de energía eléctrica}$$

*RefE'* Rendimiento de referencia para la generación eléctrica a partir de un combustible fósil en una central eficiente de tecnología actual, sobre la base del poder calorífico inferior del combustible, medido a la tensión a la que se conecta el **Sistema**, calculado como:

$$Ref E' = Ref E * fp$$

*Fh* Combustible utilizado en el **Sistema** atribuible a la producción de calor útil, calculado como:

$$Fh = \frac{H}{RefH}$$

*Fe* Combustible utilizado en el **Sistema** atribuible a la generación de energía eléctrica, calculado como:

$$Fe = F - Fh$$

*EE* Eficiencia atribuible a la generación eléctrica, calculada como:

$$EE = \frac{E}{F_e}$$

*Econv* Energía eléctrica generada por una central convencional eficiente, interconectada con el **SEN** a alta tensión, utilizando la misma cantidad de combustible que es atribuible en el **Sistema** a la generación de energía eléctrica, calculado como:

$$E_{conv} = F_e * Ref E$$

*EP* Energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del **Sistema**, calculado como:

$$EP = \frac{E}{RefE'} + \frac{H}{RefH}$$

*AEP* Ahorro de energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del **Sistema**, calculado como:

$$AEP = EP - F$$

*APEP* Ahorro Porcentual de Energía Primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del **Sistema**, calculado como:

$$APEP = \frac{EP - F}{EP}$$

*Elc* Energía eléctrica libre de combustible, esto es, la energía eléctrica generada en el Sistema por encima de la que se generaría en una central térmica convencional utilizando la misma cantidad de combustible que en un **Sistema** es atribuible a la generación de energía eléctrica. Equivale a una energía eléctrica de carácter renovable, calculada como:

$$Elc = AEP * Ref E$$

3.3 De lo anterior la eficiencia de un **Sistema** se calcula en los términos siguientes:

$$\eta = \frac{Elc}{E_{conv}} = \frac{AEP}{F_e}$$

**4. Criterio de Eficiencia para determinar a la Cogeneración Eficiente.**

4.1 Derivado de la aplicación de la **Metodología** la Comisión considerará que el **Sistema** corresponde a una central con un proceso **Cogeneración Eficiente** si la eficiencia resulta ser:

$$\eta \geq \eta_{min}$$

Donde el valor de  $\eta_{min}$  está determinado por la capacidad de generación del Sistema, de acuerdo con la siguiente tabla:

Capacidad del <b>Sistema</b>	$\eta_{min}$ %
0.03 < Capacidad MW < 0.5	5
0.5 δ Capacidad MW < 30	10
30 δ Capacidad MW < 100	15
Capacidad MW ε 100	20

4.2 Para los Sistemas con capacidad igual o menor a 30 MW instalados a una altura superior a 1500 metros sobre el nivel del mar, generando con motores de combustión interna o con turbinas de gas, el requerimiento de eficiencia mínima será el siguiente:

Capacidad del <b>Sistema</b>	$\eta_{min}$ %
0.03 < Capacidad MW < 0.5	2
0.5 δ Capacidad MW < 30	5

## 5. Valores de referencia

5.1 Para el cálculo de la eficiencia de un **Sistema** se deberán considerar los siguientes valores de referencia:

RefE	44%
RefH (con vapor o agua caliente como medio de calentamiento)	90%
RefH (con uso directo de los gases de combustión)	82%

5.2 El factor de pérdidas de energía eléctrica que deberá considerarse, de acuerdo al nivel de tensión al que se interconecta el Sistema, será el siguiente:

Nivel de tensión	< 1.0 kV	1.0-34.5 kV	69-85 kV	115-230 kV	ε 400 kV
Factor de pérdidas	0.910	0.940	0.960	0.980	1.000

En el caso de sociedades de autoabastecimiento en las que se requiera portear energía eléctrica utilizando una red diferente a la del punto de inyección, el factor de pérdidas a ser utilizado será igual a uno.

## 6. Actualización de los valores de referencia

6.1 Los valores de referencia arriba mencionados serán revisados por la Comisión cada cinco años a partir de su publicación, considerando, entre otros, los avances tecnológicos de los equipos de generación de energía eléctrica.

6.2 Una vez acreditado el criterio de eficiencia por un **Permisionario**, se otorgará el reconocimiento de **Cogeneración Eficiente** por un plazo de cinco años, al término del cual el Permisionario deberá refrendar ante la Comisión Reguladora de Energía la acreditación correspondiente, para lo cual se utilizarán los valores de referencia vigentes en ese momento.

## 7. Acreditación de Sistemas de Permisionarios como Cogeneración Eficiente

7.1 En su oportunidad, la Comisión aprobará y publicará los procedimientos de medición de variables para evaluación de sistemas de cogeneración de acuerdo con las definiciones de la legislación vigente, y los que deban seguir los **Permisionarios** que deseen acreditar que cuentan con un **Sistema de Cogeneración Eficiente**.

### ANEXO 2

#### COMPARACION DE LA METODOLOGIA APROBADA CON LAS METODOLOGIAS ADOPTADAS POR OTROS SISTEMAS REGULATORIOS

A continuación se presenta una comparación con el esquema adoptado por la Comisión con el que ha sido adoptado en otros países o regiones del mundo.

#### Criterio de eficiencia

Los Estados Unidos, primeros en adoptar un criterio de eficiencia, utilizan una fórmula empírica de aplicación generalizada para todos los casos con la que se busca tener una aproximación simple a la eficiencia del Sistema. Gran Bretaña y Brasil introdujeron modificaciones a dicha fórmula para tomar en cuenta una mayor diversidad de casos.

España adoptó como criterio la definición de eficiencia atribuible a la generación de energía eléctrica, mientras que la Unión Europea adoptó el criterio de ahorro porcentual de energía primaria. En ambos casos se definen valores de rendimientos de energía eléctrica y de calor útil utilizados como referencia que dependen de la tecnología de generación del Sistema y del tipo de combustible empleado.

Para el caso de México se decidió adoptar la definición de eficiencia en la producción de energía eléctrica libre de combustible, diferenciado por capacidad de generación, que permite adoptar un

conjunto único de valores de rendimientos de referencia de energía eléctrica y de calor útil para todos los casos, y aún así tener resultados similares a los obtenidos por las metodologías adoptadas por los otros países, como se puede observar en las gráficas en las que se comparan las diferentes metodologías para cinco casos específicos.

País o región	Criterio de Eficiencia adoptado	$\eta_{min}$ %
Estados Unidos	$\eta = Re + 0.5 * Rh$	$\eta > 0.425$ si $Rh/(Re+Rh) > 0.15$ ; $\eta > 0.450$ si $Rh/(Re+Rh) < 0.15$
Gran Bretaña	$\eta = X * Re + Y * Rh$	$\eta > 1.05$ y $Re > 0.2$
Brasil	$\eta = Re + Rh / X$	$\eta > 0.25-0.50$ según tecnología y $Rh > 0.15$
España	$\eta = EE$	$\eta > 0.495-0.590$ según tecnología
Unión Europea	$\eta = APEP$	$\eta > 0.1$
México	$\eta = AEP / Fe$	$\eta > 0.05-0.20$ según capacidad

Donde los valores de X para Gran Bretaña varían de acuerdo a la capacidad de generación eléctrica de la central, y son los que se muestran a continuación:

	<1MW	1-10 MW	10-25 MW	25-50 MW	50-100 MW	100-200 MW	200-500 MW	> 500 MW
X	207.0	198.0	185.5	171.0	166.5	162.0	153.0	144.0
Y	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5

Los valores de X y de  $\eta_{min}$  para el caso de Brasil varían de acuerdo a la capacidad de generación eléctrica de la central y el tipo de combustible empleado, y son los que se muestran a continuación:

	X			$\eta_{min}$		
	< 5 MW	5-20 MW	> 20 MW	< 5 MW	5-20 MW	> 20 MW
<b>Combustibles fósiles</b>	2.14	2.13	2.00	0.41	0.44	0.50
<b>Otros combustibles</b>	2.50	2.14	1.88	0.32	0.37	0.42
<b>Calor recuperado</b>	2.60	2.17	1.86	0.25	0.30	0.35

Finalmente, los valores de  $\eta_{min}$  para España son los siguientes, para algunas tecnologías típicas.

	$\eta_{min}$	
	P<1MW	P>1MW
<b>Gas natural y gas LP en turbinas de gas</b>	0.531	0.590
<b>Gas natural y gas LP en motogeneradores</b>	0.495	0.550
<b>Hidrocarburos líquidos en motogeneradores</b>	0.504	0.560
<b>Calderas de vapor</b>	0.441	0.490

**Valores de referencia.**

País o región	Valores de <i>RefE</i> y <i>RefH</i> ( o de <i>X</i> , <i>Y</i> )	<i>fp</i>
Estados Unidos	<i>No aplica</i>	<i>No aplica (fp=1)</i>
Gran Bretaña	<i>Según capacidad</i>	<i>No aplica (fp=1)</i>
Brasil	<i>Según tecnología y capacidad</i>	<i>No aplica (fp=1)</i>
España	<i>Según tecnología y tipo de combustible</i>	<i>No aplica (fp=1)</i>
Unión Europea	<i>Según tecnología y tipo de combustible</i>	<i>Según tensión de interconexión</i>
México	<i>Independientes de tecnología y combustible</i>	<i>Según tensión de interconexión</i>

Algunos valores representativos para el caso de España y de la Unión Europea son los siguientes:

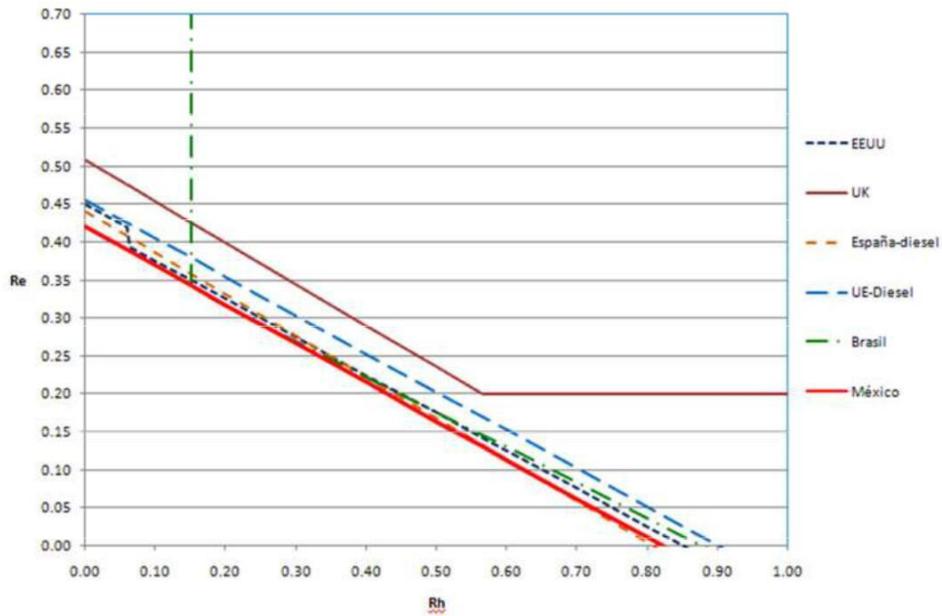
	<i>Refh</i>	
	Vapor Agua caliente	Uso directo de gases de escape
<b>Gas Natural</b>	0.90	0.82
<b>Hidrocarburos líquidos</b>	0.89	0.81

De igual manera, algunos valores típicos para el caso de la Unión Europea son los siguientes:

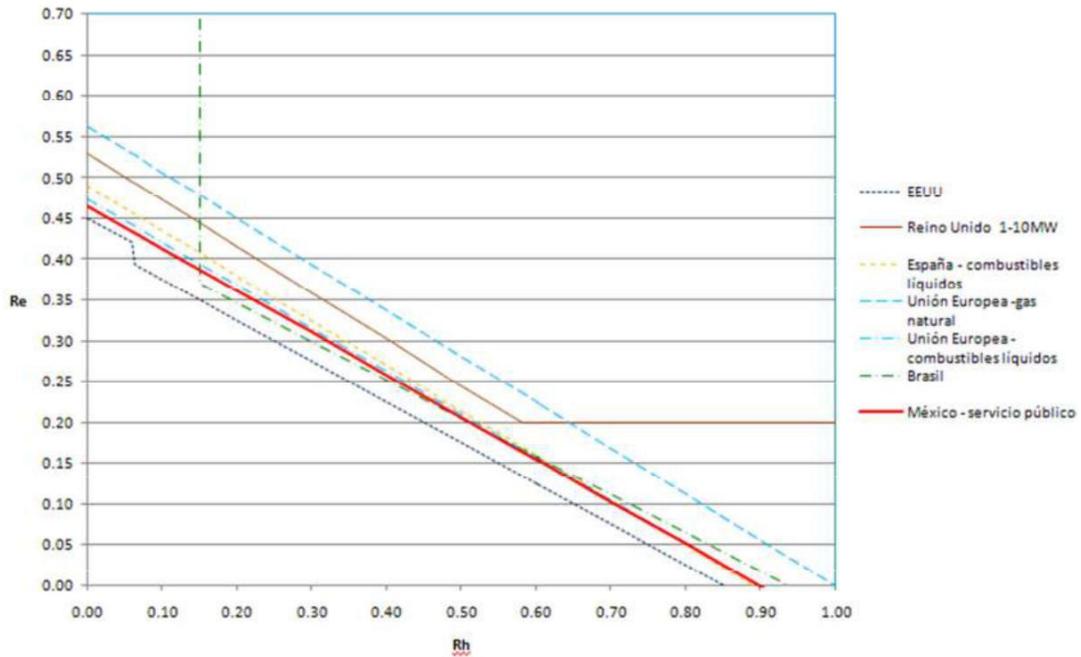
	<i>Refh</i>		<i>RefE</i>
	Vapor Agua caliente	Uso directo de gases de escape	
<b>Gas natural</b>	0.90	0.82	0.525
<b>Hidrocarburos líquidos</b>	0.89	0.81	0.442

Gráficas de valores límites de *Re* y *Rh* para algunos casos concretos.

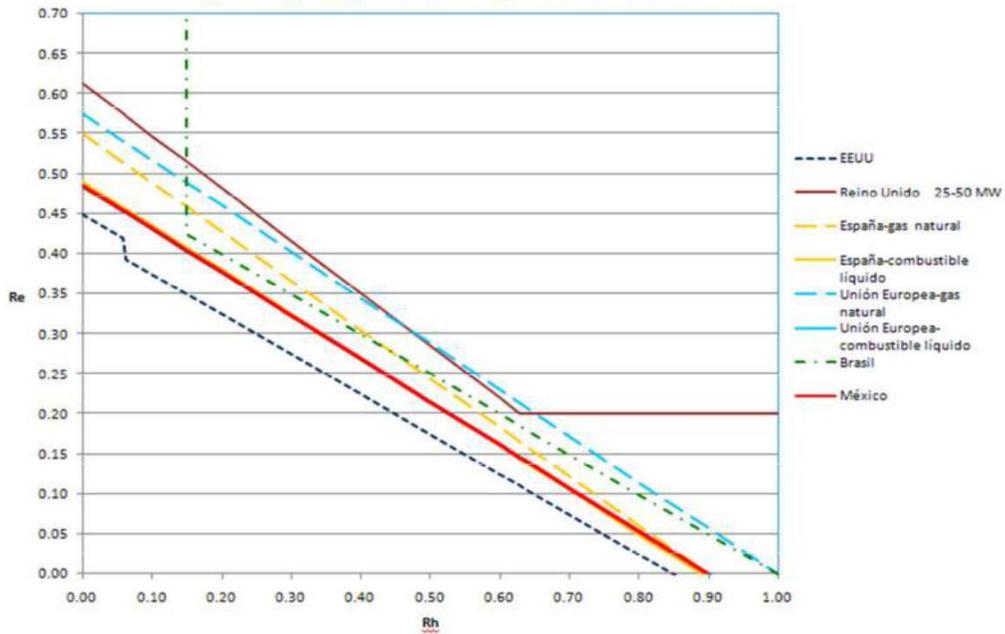
**Cogeneración con motogenerador diesel, utilizando gases de escape, conectado a baja tensión; capacidad <0.5 MW**



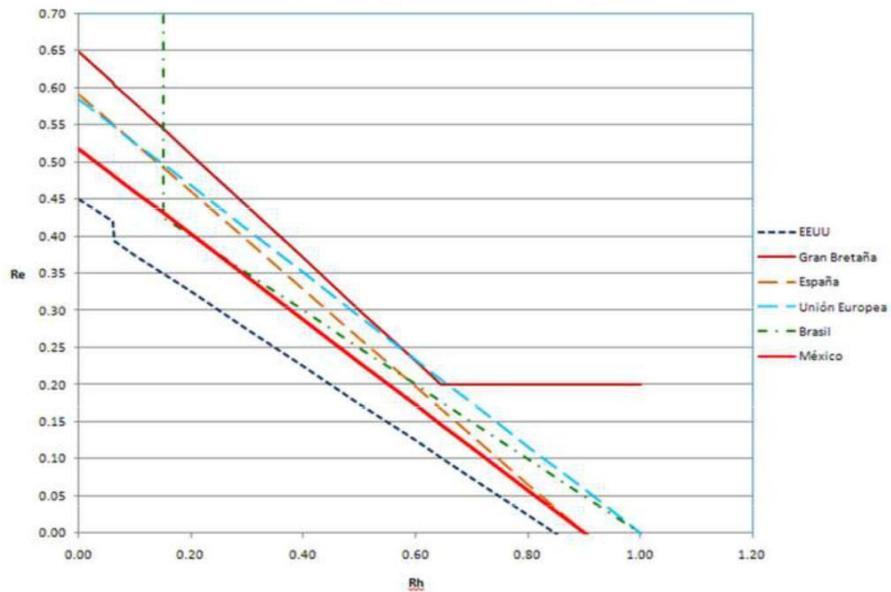
**Cogeneración con caldera de vapor; interconexión a 69 kV; capacidad 0.5-20 MW**



**Cogeneración con caldera de vapor;  
interconexión a 69 kV; capacidad 20-100 MW**



**Cogeneración con turbina de gas;  
interconexión a 230 kV; capacidad >100 MW**



**Anexo G. Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.**

## SECRETARIA DE ENERGIA

### **Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Comisión Reguladora de Energía.

#### **RESOLUCION Núm. RES/291/2012**

RESOLUCION POR LA QUE LA COMISION REGULADORA DE ENERGIA EXPIDE LAS DISPOSICIONES GENERALES PARA ACREDITAR SISTEMAS DE COGENERACION COMO DE COGENERACION EFICIENTE.

#### **RESULTANDO**

**PRIMERO.** Que el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 determina como parte de sus estrategias, en materia de energía, promover el uso eficiente y la adopción de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica; fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles, e intensificar los programas de ahorro de energía incluyendo el aprovechamiento de las capacidades de cogeneración, a través de un marco jurídico que promueva las inversiones que impulsen el potencial que tiene el país en la materia.

**SEGUNDO.** Que el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 establece, dentro de sus estrategias, fomentar la generación de energía eléctrica eficiente a través de las figuras de autoabastecimiento y cogeneración; integrar propuestas de política pública que impulsen el aprovechamiento del potencial de cogeneración eficiente y promover un conjunto de disposiciones que permitan a esta Comisión Reguladora de Energía (esta Comisión) ampliar y reforzar sus atribuciones en materia de regulación y fomento de la cogeneración eficiente.

**TERCERO.** Que el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 establece como meta que el Sistema Eléctrico Nacional deberá contar con una capacidad adicional instalada de 2,876 MW en proyectos de autoabastecimiento y cogeneración, lo que implica que el impulso a las inversiones respectivas deberá seguir reforzando su papel complementario para contribuir a la satisfacción de la creciente demanda eléctrica de México.

**CUARTO.** Que el Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012 plantea entre sus objetivos el fomento a la participación del sector privado en la generación de energía eléctrica con fuentes renovables de energía y con la cogeneración eficiente, como herramientas para la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, para lo cual es necesario avanzar en la consolidación de marcos regulatorios adecuados.

**QUINTO.** Que la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía tiene como objetivo primordial promover la utilización, el desarrollo y la inversión en las energías renovables y la eficiencia energética a través de, entre otras acciones, la promoción de la diversificación de fuentes primarias de energía incrementando la oferta de las fuentes de energía renovable, así como la promoción y difusión de medidas para la eficiencia energética.

**SEXTO.** Que el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables señala como línea de acción, en materia de infraestructura, estudiar la posible aplicación de instrumentos regulatorios para el impulso de la cogeneración eficiente, tomando en cuenta las características propias de este tipo de proyectos.

#### **CONSIDERANDO**

**PRIMERO.** Que, de acuerdo con lo dispuesto por los artículos 2, fracción II, y 3, fracción XII, de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, corresponde a este órgano otorgar y revocar los permisos y autorizaciones que, conforme a las disposiciones legales aplicables, se requieran para la generación, exportación e importación de energía eléctrica que realicen los particulares, entre los que se encuentran los relativos a la generación de energía eléctrica bajo la modalidad de cogeneración.

**SEGUNDO.** Que, en términos de lo establecido en los artículos 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y 103 de su Reglamento, se establece como cogeneración:

- J.** La generación de energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas;
- JJ.** La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate, o
- JJJ.** La generación directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate.

Lo anterior, siempre que en cualesquiera de los casos indicados se incrementen las eficiencias energética y económica de todo el proceso.

**TERCERO.** Que la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) confiere diversas atribuciones a la Secretaría de Energía (Sener) y a esta Comisión con el objeto de regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar energía eléctrica con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica.

**CUARTO.** Que el artículo 7, fracción I, de la LAERFTE establece que esta Comisión tiene la atribución de expedir, entre otras, las disposiciones de carácter administrativo que regulen la generación de electricidad a partir de energías renovables.

**QUINTO.** Que el artículo 20 de la LAERFTE señala que las atribuciones de esta Comisión, establecidas en el artículo 7 del mismo ordenamiento, se aplicarán a los sistemas de cogeneración aunque no utilicen energías renovables, siempre y cuando dichos sistemas cumplan con el criterio de eficiencia que establezca esta Comisión.

**SEXTO.** Que el artículo 2, fracción II, del Reglamento de la LAERFTE establece que la cogeneración eficiente es la generación de energía eléctrica, conforme a lo establecido en el artículo 36, fracción II, de la LSPEE, siempre que el proceso tenga una eficiencia superior a la mínima que para tal efecto establezca esta Comisión.

**SEPTIMO.** Que la regulación para el aprovechamiento de la cogeneración eficiente, a través de proyectos que pueden realizar los particulares de manera complementaria a la inversión gubernamental, debe crear condiciones que reconozcan las características específicas de cada tecnología, con el propósito de que los costos en que se incurra con dichos proyectos resulten competitivos en función de los recursos energéticos con los que cuenta el país.

**OCTAVO.** Que este tipo de proyectos producen beneficios tales como el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos; la participación social y privada en la inversión requerida por el sector eléctrico para satisfacer la demanda nacional; la diversificación del parque de generación eléctrica con el consecuente aumento en la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional; la disminución de la variabilidad de los costos de generación de electricidad; el cuidado del medio ambiente y la salud; el cumplimiento de los compromisos internacionales de nuestro país en materia ambiental y de cambio climático, así como el desarrollo de la capacidad industrial y la creación de empleos.

**NOVENO.** Que el 22 de febrero de 2011 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Resolución RES/003/2011, mediante la cual esta Comisión expidió la Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente (la Metodología), la cual previó en el punto 7.1 de su Anexo 1 que, en su oportunidad, esta Comisión aprobaría y publicaría los procedimientos de medición de variables para evaluación de sistemas de cogeneración de acuerdo con las definiciones de la legislación vigente, y los que deban seguir los permisionarios que deseen acreditar que cuentan con un sistema de cogeneración eficiente.

**DECIMO.** Que la aplicación de los criterios para determinar la cogeneración eficiente requiere de precisiones sobre la determinación de los valores de las variables representativas del sistema correspondiente, las cuales permiten conocer la eficiencia del mismo y su grado de desempeño energético con respecto a dichos criterios.

**UNDECIMO.** Que esta Comisión estima necesario establecer procedimientos de medición que consideren las características técnicas fundamentales de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica, con la finalidad de evaluar mediante la Metodología que estos sistemas cumplan con el criterio de eficiencia establecido en porcentajes mínimos.

**DUODECIMO.** Que, para efectos de lo expuesto en el Considerando anterior, esta Comisión revisó las prácticas vigentes de medición de variables energéticas más comunes en el sector industrial en México, con la finalidad de reconocer las mejores prácticas, y analizó las previstas en diversas disposiciones normativas eligiendo aquéllas que más se adecuan al carácter voluntario de esta regulación.

**DECIMOTERCERO.** Que resulta necesario establecer los requisitos que deben cumplir las personas que se encargarán de realizar las mediciones de las variables de los sistemas de cogeneración y, para tal efecto, esta Comisión sostuvo reuniones de trabajo con permisionarios en la modalidad de cogeneración, entre los que se incluye a Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios, así como empresas privadas desarrolladoras de proyectos de generación de energía eléctrica, las cuales externaron su interés por participar en la acreditación de sistemas de cogeneración como cogeneración eficiente.

**DECIMOCUARTO.** Que esta Comisión considera necesario precisar la vigencia de la acreditación de cogeneración eficiente con la finalidad de comprobar que se mantengan las condiciones bajo las cuales se otorgó la acreditación correspondiente, así como otorgar certidumbre a las inversiones realizadas en el establecimiento de centrales de cogeneración de energía eléctrica, determinando plazos de acreditación diferenciados en función de la capacidad autorizada por esta Comisión en el permiso correspondiente.

**DECIMOQUINTO.** Que las Disposiciones generales objeto de la presente Resolución proporcionan los elementos necesarios para que los permisionarios en la modalidad de cogeneración, interesados en acreditar sus sistemas como de cogeneración eficiente, puedan aprovechar los instrumentos de regulación aprobados por esta Comisión para ese efecto, tales como el Modelo de contrato de interconexión para centrales de generación de energía eléctrica con energía renovable o cogeneración eficiente; el Modelo de convenio para el servicio de transmisión de energía eléctrica para fuente de energía; la Metodología para la determinación de los cargos correspondientes a los servicios de transmisión que preste el suministrador a los permisionarios con centrales de generación de energía eléctrica con fuente de energía renovable o cogeneración eficiente, entre otros.

**DECIMOSEXTO.** Que las Disposiciones generales objeto de la presente Resolución prevén en su disposición sexta la acreditación como cogeneración eficiente para el supuesto de los permisionarios que cuenten con sistemas de cogeneración cuyas obras estén por iniciar o en proceso de construcción, es decir, antes del inicio de la operación del sistema, siempre y cuando den cumplimiento a los requisitos establecidos en este instrumento. Para efectos de lo anterior, esta Comisión señala que el Modelo de contrato de interconexión para centrales de generación de energía eléctrica con energía renovable o cogeneración eficiente, se encuentra en proceso de modificación con el objeto de incluir las cláusulas que resulten aplicables a la acreditación como eficiente a los sistemas de cogeneración que estén por iniciar obras o en proceso de construcción.

**DECIMOSEPTIMO.** Que, a efecto de que los permisionarios que requieran acreditar sus sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente, cuenten con las herramientas necesarias para la integración de la información y documentación necesarias para obtener dicha acreditación, esta Comisión estima pertinente establecer tres nuevos trámites y sus respectivos formatos (Formatos del Anexo Unico), que se enuncian a continuación:

Núm.	Trámite	Homoclave	Formatos del Anexo Unico	Requisitante
1.	Solicitud del permisionario de cogeneración de energía eléctrica para obtener la acreditación como de cogeneración eficiente	CRE-DGEER-037	CRE-DGEER-011	Permisionario bajo la modalidad de cogeneración de energía eléctrica

2.	Solicitud de autorización a las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración.	CRE-DGEER-038	CRE-DGEER-012	Personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración
3.	Formato de reporte técnico para levantamiento de parámetros-insumo en el cálculo de la eficiencia de sistemas de cogeneración.	CRE-DGEER-037	CRE-DGEER-013	

**DECIMOCTAVO.** Que, en cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, con fecha 8 de marzo de 2012 esta Comisión, por conducto de la Oficialía Mayor de la Sener, remitió a la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER) la Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR) correspondiente al anteproyecto de la presente Resolución.

**DECIMONOVENO.** Que, con fecha 23 de marzo de 2012, mediante el oficio COFEME/12/0773, la COFEMER emitió el dictamen total (no final) sobre la MIR.

**VIGESIMO.** Que, con fecha 3 de agosto de 2012, esta Comisión, por conducto de la Oficialía Mayor de la Sener, dio respuesta a la COFEMER sobre el dictamen total (no final) de la MIR correspondiente al anteproyecto de la presente Resolución.

**VIGESIMO PRIMERO.** Que, con fecha 13 de agosto de 2012, esta Comisión recibió el oficio COFEME/12/2344 emitido por la COFEMER, en el que se comunicó el dictamen final sobre la MIR.

**VIGESIMO SEGUNDO.** Que los actos administrativos de carácter general que expidan las dependencias y organismos descentralizados de la Administración Pública Federal deberán publicarse en el Diario Oficial de la Federación para que produzcan efectos jurídicos, de conformidad con el artículo 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

Por lo anterior, y con fundamento en los artículos 17 y 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 2, fracción II y último párrafo, 3, fracciones XIV, XVI y XXII, 4, 11 y 13 de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía; 7, fracción I, y 20 de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; 3, fracción I, y 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; 4 y 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 2, fracción II, del Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; 103 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, y 1, 2, 6, fracción I, incisos A y C, 9, 19, 23, fracciones VII y XXII, y 33 del Reglamento Interior de la Comisión Reguladora de Energía, esta Comisión Reguladora de Energía:

#### RESUELVE

**PRIMERO.** Se expiden las Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente, las cuales forman parte de la presente Resolución como Anexo Unico.

**SEGUNDO.** Publíquense la presente Resolución, su Anexo Unico y los Formatos del Anexo Unico, en el Diario Oficial de la Federación.

**TERCERO.** La presente Resolución, su Anexo Unico y los Formatos del Anexo Unico, entrarán en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**CUARTO.** Inscríbese la presente Resolución bajo el número RES/291/2012 en el registro a que hacen referencia los artículos 3, fracción XVI, de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, y 19 y 33 del Reglamento Interior de la Comisión Reguladora de Energía.

México, D.F., a 16 de agosto de 2012.- El Presidente, **Francisco J. Salazar Diez de Sollano**.- Rúbrica.-Los Comisionados: **Francisco José Barnés de Castro, Rubén F. Flores García, Israel Hurtado Acosta, Noé Navarrete González**.- Rúbricas.

## ANEXO UNICO DE LA RESOLUCION RES/291/2012

**DISPOSICIONES GENERALES PARA ACREDITAR SISTEMAS DE COGENERACION COMO DE COGENERACION EFICIENTE****Capítulo I****Del objeto**

**Primera.** El objeto del presente instrumento es establecer las reglas por las cuales los permisionarios de generación de energía eléctrica en la modalidad de cogeneración acreditarán sus sistemas como de cogeneración eficiente; las que normarán el perfil y atributos de las personas autorizadas para realizar las mediciones de las variables involucradas en dichos sistemas, y las que regirán los procedimientos de medición de dichas variables.

**Capítulo II****De la acreditación de sistemas de cogeneración**

**Segunda.** Los sujetos que soliciten acreditar su sistema de cogeneración como de cogeneración eficiente deberán contar con un permiso vigente de generación de energía eléctrica bajo la modalidad de cogeneración otorgado por la Comisión Reguladora de Energía (la Comisión) o, en su caso, por la Secretaría de Energía, bajo alguna de las tres formas distintas para cogenerar que se establecen en el artículo 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

**Tercera.** Los permisionarios, para obtener la acreditación de su sistema de cogeneración, deberán presentar a la Comisión la información y documentación siguientes:

2. El formato de solicitud de acreditación de sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente, que expida la Comisión, debidamente requisitado;
- J. Original o copia certificada del instrumento jurídico que acredite la personalidad y facultades del representante legal del permisionario;
- JJ. Escrito libre dirigido a la Comisión en el que se informe sobre las condiciones técnicas del sistema de cogeneración que ampara el permiso correspondiente, indicando si el mismo ha sufrido modificaciones con posterioridad a su otorgamiento que no hayan sido autorizadas por la Comisión;
- IV. Reporte técnico a través del formato para levantamiento de parámetros-insumo en el cálculo de la eficiencia de sistemas de cogeneración, requisitado por la persona autorizada por la Comisión para realizar la medición de variables en los sistemas de cogeneración, y
- JJJ. Diagrama de todo el proceso de cogeneración que incluya la propuesta de los puntos de medición para las variables energéticas F, E y H, a que se refiere la disposición vigésima cuarta del presente instrumento, así como el balance térmico.

**Cuarta.** La Comisión analizará y resolverá la solicitud de acreditación del sistema como de cogeneración eficiente en el plazo de veinte días hábiles contados a partir del día siguiente a la integración del expediente correspondiente a la solicitud de acreditación.

**Quinta.** La vigencia de la acreditación como de cogeneración eficiente, para sistemas de cogeneración en operación, estará determinada por la capacidad de generación de energía eléctrica autorizada en el permiso correspondiente, conforme a lo siguiente:

Capacidad del sistema de cogeneración (MW)	Vigencia
De 0.03 hasta menos de 0.5	5 años
De 0.5 hasta menos de 30	3 años
De 30 hasta menos de 100	2 años
Igual o más de 100	1 año

Los sistemas de cogeneración cuya capacidad total instalada de generación de energía eléctrica sea menor de 30 kW, serán considerados como de cogeneración eficiente.

**Sexta.** Los permisionarios que cuenten con sistemas de cogeneración cuyas obras estén por iniciar o en proceso de construcción, podrán solicitar la acreditación como cogeneración eficiente antes del inicio de la operación del sistema siempre y cuando den cumplimiento a los requisitos establecidos en las fracciones I, II, 3. y V de la disposición tercera del presente instrumento. En estos casos, los permisionarios estarán en posibilidad de firmar con el suministrador el Modelo de contrato de interconexión para centrales de generación de energía eléctrica con energía renovable o cogeneración eficiente.

Los permisionarios contarán con un plazo de seis meses a partir del inicio de la operación comercial del sistema de cogeneración para presentar la información que permita verificar el cumplimiento del requisito establecido en la fracción IV de la disposición tercera de estas disposiciones y del criterio de eficiencia establecido por esta Comisión.

El incumplimiento por parte de los permisionarios de los criterios mínimos de eficiencia establecidos en la Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente (la Metodología), publicada el 22 de febrero de 2011 en el Diario Oficial de la Federación, será causal de rescisión del contrato de interconexión para centrales de generación de energía eléctrica con energía renovable o cogeneración eficiente que hayan suscrito con el suministrador, y tendrán la obligación de reintegrar a éste los beneficios obtenidos.

### Capítulo III

#### De la autorización a las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración

**Séptima.** Las personas físicas o morales interesadas en obtener la autorización para realizar la medición de variables en los sistemas de cogeneración deberán presentar a la Comisión la información y documentación siguientes:

4. El formato de solicitud de autorización, que expida la Comisión, debidamente requisitado;
- E Original o copia certificada del instrumento jurídico que acredite la existencia legal del solicitante y que desarrolle actividades vinculadas con la medición de variables involucradas en sistemas relacionados con el sector energético; en el caso de personas morales, lo anterior deberá establecerse en el instrumento jurídico que formalice su constitución, como parte de su objeto;
- F Original o copia certificada del instrumento jurídico donde se acrediten la personalidad y facultades del representante legal del solicitante;
- IV. Relación de personal que especifique los nombres, perfil profesional, funciones y experiencia en medición de variables involucradas en sistemas relacionados con el sector energético, acompañando los documentos que acrediten que dicho personal cumple con los requisitos siguientes:
  - Formación profesional apegada a cualquiera de las siguientes carreras: Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Procesos, Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales o ramas afines, a través del título y la cédula profesional expedida por la autoridad competente.
  - Capacitación en el uso y manejo de equipos de medición de acuerdo a lo que indican los procedimientos a que se refieren las disposiciones décima segunda a vigésima séptima del presente instrumento, así como en metrología y técnicas de medición, a través del comprobante de estudios expedido por una institución autorizada en la materia, y
- FF Listado de inventario de equipos que demuestre que el solicitante cuenta con la infraestructura suficiente para prestar los servicios que soliciten los permisionarios, acompañando los certificados de calibración vigentes emitidos por alguna institución autorizada en la materia.

**Octava.** La Comisión analizará y resolverá la solicitud de autorización de las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración, en el plazo de veinte días hábiles contados a partir del día siguiente a la integración del expediente correspondiente. La vigencia de la autorización correspondiente será de tres años.

**Novena.** Serán causales de cancelación de la autorización a que se refiere el presente Capítulo las siguientes:

5. Incumplir cualquiera de las condiciones y obligaciones que la Comisión establezca en la autorización otorgada;

6. No observar los procedimientos de medición de variables para la evaluación de sistemas de cogeneración;
7. Hacer constar información o datos erróneos o falsos en los reportes técnicos;
- IV. Ejecutar las actividades de medición de variables en sistemas de cogeneración por personal diverso al relacionado en la solicitud de autorización;
8. Haber entregado información errónea o falsa con la solicitud de autorización, si ello se comprueba con posterioridad al otorgamiento;
- VI. No entregar a la Comisión, en forma oportuna y completa, la información que sea requerida respecto al desempeño de la actividad autorizada;
- VII. Impedir u obstaculizar las funciones de verificación y vigilancia de la Comisión tendientes a constatar la veracidad de la información proporcionada por la persona autorizada;
- VIII. Negar de manera injustificada el servicio que soliciten los permisionarios, y
- IX. Utilizar la autorización de la Comisión en forma indebida, con fines diferentes a aquél para el cual fue otorgada.

**Décima.** La Comisión podrá realizar visitas de verificación para comprobar el cumplimiento de las presentes Disposiciones generales y de las condiciones establecidas en la autorización, por parte de las personas autorizadas, observando las formalidades establecidas en las disposiciones legales aplicables.

**Décima primera.** La Comisión publicará en el portal electrónico <http://www.cre.gob.mx/> el listado de las personas autorizadas conforme a las disposiciones del presente Capítulo, y lo mantendrá permanentemente actualizado.

#### Capítulo IV

##### De los procedimientos de medición de variables para la evaluación de sistemas de cogeneración

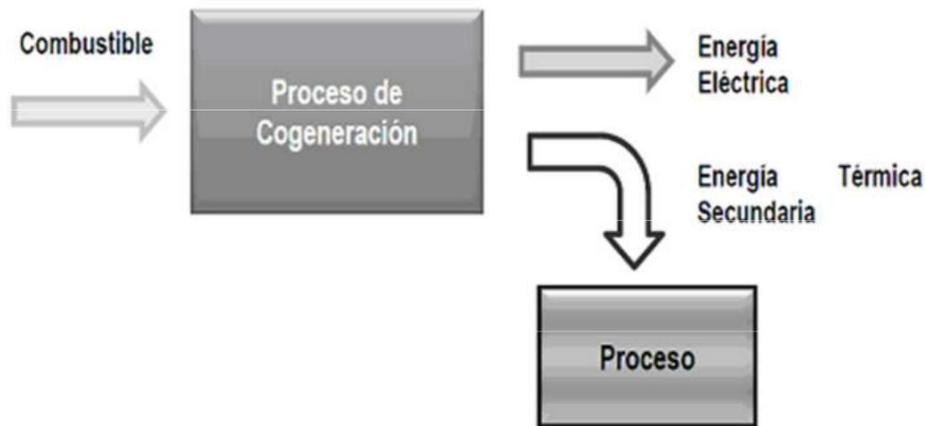
**Décima segunda.** La eficiencia de un sistema de cogeneración se determinará a través de tres variables representativas de la operación del mismo, de acuerdo con la disposición vigésima séptima, a saber:

- I. La energía térmica o calor útil (H) en kJ;
- II. La energía eléctrica generada (E) en kJ, y
- III. El combustible empleado en el proceso de cogeneración (F) en kJ.

**Décima tercera.** Para la evaluación de un sistema de cogeneración, las personas autorizadas deberán considerar lo siguiente:

- I. Identificar el tipo de sistema de cogeneración, de acuerdo a las tres formas reconocidas por el artículo 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, a saber:
  - a) La producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas;
  - b) La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate, y
  - c) La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate.
- II. Identificar el esquema de mediciones en el sitio, y
- III. Definir los límites del sistema e identificar las variables del proceso que deben medir para la posterior evaluación del sistema de cogeneración por esta Comisión.

**Décima cuarta.** Los sistemas que operan, de manera enunciativa mas no limitativa, según la forma de cogeneración establecida en la disposición décima tercera, fracción I, inciso a) del presente instrumento, son aquellos en los que la generación de energía eléctrica se realiza en la primera etapa a partir de la energía liberada por el energético primario de entrada (en el primotor), y la energía térmica remanente se recupera como calor útil en una segunda etapa para ser empleada en los procesos productivos de las instalaciones asociadas al proceso de cogeneración que lo requieren, como se muestra en el esquema siguiente:

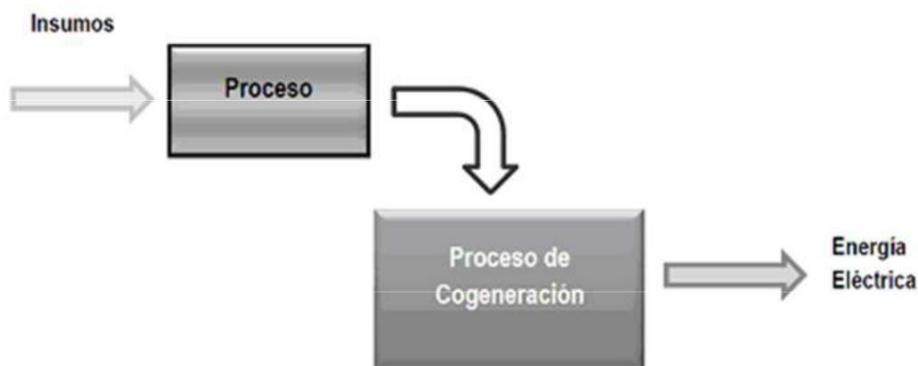


Las configuraciones para la forma de cogeneración a que se refiere esta disposición, de manera enunciativa mas no limitativa, son las siguientes:

- a) Generador de vapor – turbina de vapor – vapor a proceso;
- b) Generador de vapor – turbina de vapor – vapor a proceso y a condensación;
- c) Turbina de gas – recuperador de calor – turbina de vapor – vapor a proceso;
- d) Turbina de gas – recuperador de calor – turbina de vapor – vapor a proceso y a condensación;
- e) Turbina de gas – recuperador de calor – vapor a proceso – gases calientes para secado;
- f) Turbina de gas – recuperador de calor – vapor a proceso;
- g) Motor de combustión interna – recuperador de calor e intercambiador de calor – vapor a proceso, y
- h) Motor de combustión interna – recuperador de calor – generador de vapor – vapor a proceso.

**Décima quinta.** Los sistemas que operan según la forma de cogeneración establecida en la disposición décima tercera, fracción I, inciso b) del presente instrumento, son aquellos en los que la generación de energía eléctrica se realiza en la segunda etapa del proceso a partir de:

- I. La energía térmica no aprovechada en el proceso de que se trate, como en los casos de turbinas que transforman la energía térmica del vapor no aprovechado de determinado proceso, en energía mecánica y en energía eléctrica por medio de un alternador.
- II. La existencia de configuraciones que prevean que el vapor, para alimentar a la turbina, provenga de un generador de vapor por recuperación de calor que aprovecha la energía térmica de los gases calientes provenientes de un proceso industrial.



Las configuraciones para la forma de cogeneración a que se refiere esta disposición son las siguientes:

- a) Turbina de vapor de contrapresión – vapor a proceso, y
- b) Generador de vapor por recuperación de calor – turbina de vapor – vapor a proceso y a condensación.

Los energéticos de entrada considerados en esta forma de cogeneración serán vapor o gases calientes procedentes de los procesos industriales de los que son un subproducto.

**Décima sexta.** Los sistemas a que se refiere la disposición anterior serán considerados como eficientes siempre y cuando no utilicen un combustible fósil adicional para la generación de energía eléctrica, o bien se trate de procesos de la industria petrolera, los cuales deberán ser evaluados en términos del presente instrumento.

Las personas autorizadas deberán realizar la evaluación del sistema de cogeneración con el objeto de constatar, entre otros, que en el proceso de cogeneración se aproveche energía térmica para la generación de energía eléctrica. Si durante dicha evaluación se observa un consumo adicional de combustibles, éste deberá consignarse en el reporte técnico correspondiente.

**Décima séptima.** Los sistemas que operan según la forma de cogeneración establecida en la disposición décima tercera, fracción I, inciso c), del presente instrumento, son aquéllos en los cuales la generación de energía eléctrica se realiza en la segunda etapa, a partir de un combustible residual (subproducto) de un proceso industrial, como se muestra en el esquema siguiente:



Las tecnologías que se consideran para esta definición son turbina de vapor, turbina de gas, motor de combustión interna, y ciclo combinado con turbina de gas y turbina de vapor.

Las configuraciones más comunes, de manera enunciativa mas no limitativa, para la forma de cogeneración a que se refiere esta disposición son las siguientes:

- a) Generador de vapor – turbina de vapor – vapor a proceso;
- b) Generador de vapor – turbina de vapor – vapor a proceso y a condensación;
- c) Turbina de gas – recuperador de calor – turbina de vapor – vapor a proceso;
- d) Turbina de gas – recuperador de calor – turbina de vapor – vapor a proceso y a condensación;
- e) Turbina de gas – recuperador de calor – vapor a proceso – gases calientes para secado;
- f) Turbina de gas – recuperador de calor – vapor a proceso;
- g) Motor de combustión interna – recuperador de calor e intercambiador de calor – vapor a proceso, y
- h) Motor de combustión interna – recuperador de calor – generador de vapor – vapor a proceso.

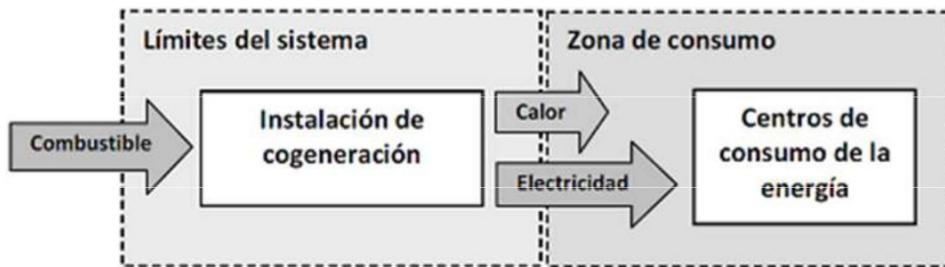
Los procesos que se ajustan a esta forma de cogeneración utilizan un combustible no necesariamente producido en los mismos, es decir, se prevé sólo un aprovechamiento de este combustible para la producción de energía eléctrica. Los energéticos considerados son de manera enunciativa mas no limitativa, los gases residuales derivados de la producción de diferentes productos industriales que pueden ser usados como combustibles, así como los combustibles que pueden ser quemados directamente en los primotores, como el biogás procedente de los rellenos sanitarios, gases o aceites sobrantes de los procesos de refinación que, de no ser utilizados, podrían ser quemados directamente a la atmósfera sin aprovechamiento alguno, emitiendo gases de efecto invernadero.

**Décima octava.** Los sistemas a que se refiere la disposición anterior serán considerados como eficientes siempre y cuando no utilicen un combustible fósil adicional para la generación de energía eléctrica, o bien se trate de procesos de la industria petrolera, los cuales deberán ser evaluados en términos del presente instrumento.

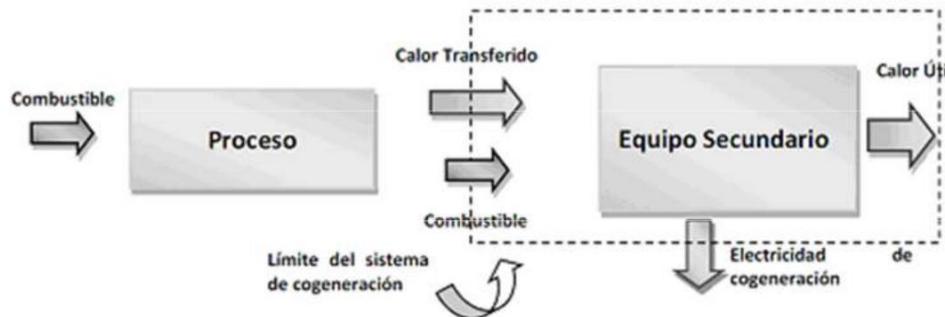
Las personas autorizadas deberán constatar que en el proceso de cogeneración se utilicen combustibles no necesariamente producidos en el mismo para la generación de energía eléctrica. Si durante la evaluación al sistema de cogeneración se observa un consumo adicional de combustibles, éste deberá consignarse en el reporte técnico correspondiente.

**Décima novena.** Las personas autorizadas deberán identificar los límites de cada sistema de cogeneración, de acuerdo con la forma de cogeneración a la que corresponda cada uno, a efecto de identificar las corrientes del proceso y diferenciar la zona de cogeneración de la zona de consumo, la cual utiliza la producción energética de la unidad de cogeneración. Lo anterior, conforme a lo siguiente:

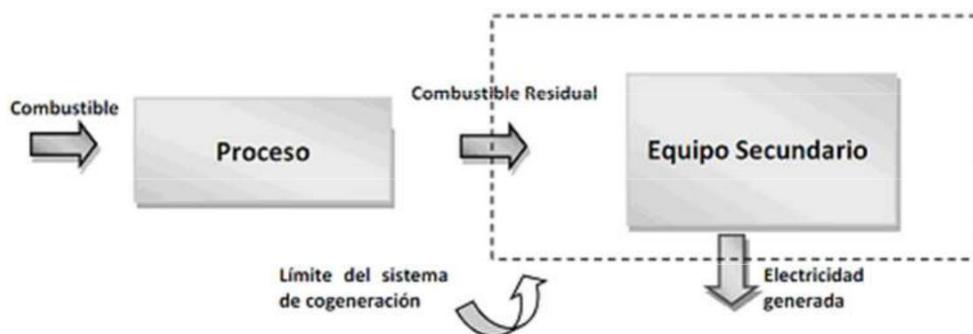
- I. Para la primera forma de cogeneración, si existen en el sitio equipos exclusivos de generación térmica o eléctrica, éstos no deben ser considerados como parte del sistema de cogeneración.



- II. Para la segunda forma de cogeneración, el límite del sistema de cogeneración se restringe al equipo secundario que integra el sistema de cogeneración. El calor aportado por el o los equipos principales se considera como un aprovechamiento de calor residual que se suministra al sistema tal como si fuera un combustible para la producción de energía eléctrica.



- III. Para la tercera forma de cogeneración, el límite del sistema de cogeneración se restringe al equipo secundario que integra el sistema de cogeneración. El combustible residual, producto del proceso realizado en el equipo principal, se considera un aprovechamiento de energía primaria que se suministra al sistema de cogeneración.



Las unidades que no operan en el proceso de cogeneración no deben ser incluidas dentro de los límites del sistema a ser evaluado, tales como calderas empleadas con fines exclusivamente térmicos, calderas de recuperación de calores residuales con combustión auxiliar o suplementaria que no estén acopladas a turbinas para exclusiva generación térmica, generadores auxiliares que buscan reducir demanda de potencia y energía eléctrica en horario punta o de respaldo ante emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica.

**Vigésima.** Las variables energéticas que se deberán medir para la evaluación de la eficiencia de los sistemas de cogeneración serán las siguientes:

- I. Energía eléctrica neta (E). La energía eléctrica generada en el sistema será la producción de electricidad en el punto de interconexión de los generadores cuando simultáneamente se está aprovechando la energía térmica en los procesos de la central. Se debe tomar la producción neta del sistema, por lo que debe sustraerse la energía eléctrica empleada para usos internos del mismo. De manera enunciativa mas no limitativa, los consumos internos frecuentes son para el tratamiento de gases de combustión, remoción de cenizas, preparación de combustibles (corte, trituración y molienda), ventilación, iluminación, bombeo (agua de alimentación, condensados, etc.), sistemas internos de transporte de combustible, tratamiento de agua, entre otros.
- II. Combustible (F). Es el combustible que ingresa a la planta y que efectivamente se está empleando en el sistema de cogeneración para la generación de electricidad u obtención de calor útil. En caso de que existan otros consumos de combustible en la planta o combustible adicional, adicionales al sistema de cogeneración, éstos deben ser identificados y descontados. Este combustible adicional puede determinarse a través de medición directa (caso del vapor de extracción de la caldera) o a través de la medición del combustible utilizado en postcombustión o en calderas auxiliares, y debe restarse del combustible total.
- III. Calor útil o energía térmica (H). Es la energía producida en un sistema de cogeneración, que es transferida y aprovechada en una zona de consumo, conforme a lo siguiente:
  - a) Las plantas de cogeneración pueden suministrar calor en corrientes portadoras de distinta calidad; el producto térmico será la suma de todos estos suministros.
  - b) Se debe estimar sólo el calor que es producido en forma asociada con energía eléctrica y es transferido y aprovechado en una zona de consumo.
  - c) No se debe considerar la generación de energía térmica en procesos no vinculados al de cogeneración al momento de estimar el calor útil, por ejemplo, el calor generado en calderas auxiliares que no pertenecen al sistema y las extracciones de vapor antes de que el mismo circule con turbinas para la generación de potencia eléctrica.
  - d) Se precisa excluir el calor que es expulsado a la atmósfera sin un aprovechamiento previo: envíos al ambiente de los gases de combustión por la chimenea, o el calor que es dispersado en equipos de condensación sin un aprovechamiento útil, el calor empleado para usos propios del sistema como para de-aireación, calor de condensación, calentamiento de agua de alimentación de calderas del sistema como las de recuperación de calor.
  - e) El calor que es exportado para ser empleado en la generación de potencia eléctrica dentro del propio sistema, no se debe contabilizar como calor útil sino como una transferencia interna del propio sistema.
  - f) La correcta estimación del calor útil considera el calor transferido neto; para el caso en que el calor útil se aporta mediante suministro de vapor, los retornos de condensado no deberán ser considerados como aportes de energía al sistema, pero sí medidos con el objeto de identificar efectivamente el calor útil aportado por el combustible al sistema de cogeneración.
  - g) Se debe considerar únicamente la parte de lo producido como energía térmica en el sistema de cogeneración que es efectivamente transmitida para su aprovechamiento.
  - h) Se debe descontar el calor complementario que emplea un centro de consumo y que no está asociado al proceso de cogeneración. Puede ser medido o también estimado, a partir del combustible empleado para su producción y un valor de eficiencia de transformación apropiado. El calor obtenido por estos procedimientos no se considerará útil, a menos que se emplee para la producción de energía eléctrica con equipos como las turbinas de contrapresión.

- i) De acuerdo a la corriente portadora de energía térmica, para la determinación del calor útil se considerarán los siguientes cálculos (el número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto, se sugiere estar incorporados en un sistema electrónico para su medición y registro en continuo):

A. Agua líquida y fluidos térmicos.

$$H = 10^{-6} \cdot (t_1 - t_0) \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{m}_i \cdot (h_1 - h_2)_i \quad (D)$$

$$H = 10^{-6} \cdot (t_1 - t_0) \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{m}_i \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2)_i \quad (D)$$

Donde:

$h_1$  entalpía de entrada del fluido de trabajo portador de energía térmica (kJ/kg);

$h_2$  entalpía de salida del fluido de trabajo portador de energía térmica (kJ/kg);

$\dot{m}$  flujo másico del fluido de trabajo portador de energía térmica (kg/s);

$C_p$  calor específico medio del fluido (kJ/kg·°C);

$T_1$  temperatura de entrada del fluido de trabajo portador de energía térmica (°C);

$T_2$  temperatura de salida del fluido de trabajo portador de energía térmica (°C);

$t_0$  momento inicial del periodo de medida considerado (s);

$t_1$  instante final del periodo de medida considerado (s);

$n$  número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), y

$i$  subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas.

B. Vapor de agua.

Si el centro de consumo de calor retoma condensados en una cantidad mínima del 70%, respecto del vapor entregado a dicho proceso:

$$H = 10^{-6} \cdot (t_1 - t_0) \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\dot{m}_v \cdot h_v - \dot{m}_c \cdot h_c - \dot{m}_A \cdot h_A)_i \quad (D)$$

Donde:

$\dot{m}_v$  flujo másico medido del vapor entregado a proceso (kg/s);

$\dot{m}_c$  flujo másico medido del retorno de condensados al sistema de cogeneración (kg/s);

$\dot{m}_A$  flujo másico de la corriente de agua de aporte a la cogeneración (kg/s);

$h_v$  entalpía del vapor entregado a proceso obtenida a partir de mediciones (kJ/kg);

$h_c$  entalpía del retorno de condensados obtenida a partir de mediciones (kJ/kg);

$h_A$  entalpía del agua en estado líquido a 15°C y presión atmosférica. (63 kJ/kg);

$t_0$  momento inicial del periodo de medida considerado(s);

$t_1$  instante final del periodo de medida considerado(s);

$n$  número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), y

$i$  subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas.

Si el centro de consumo de calor retorna condensados en una cantidad inferior al 70%:

$$H = 10^{-6} \cdot (t_1 - t_0) \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\dot{m}_v)_i * (h_v - h_0)_i \quad (D)$$

Donde:

$\dot{m}_v$  flujo másico medido del vapor entregado a proceso (kg/s);

$h_v$  entalpía del vapor entregado obtenida a partir de mediciones (kJ/kg);

$h_0$  entalpía del agua en estado líquido a 80°C y presión atmosférica. (334.9 kJ/kg);

$t_0$  momento inicial del periodo de medida considerado(s);

$t_1$  instante final del periodo de medida considerado(s);

$n$  número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), y

$i$  subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas.

Si el vapor de agua se incorpora a una corriente de proceso:

$$H = 10^{-6} \cdot (t_1 - t_0) \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\dot{m}_v)_i * (h_v - h_A)_i \quad (D)$$

Donde:

$\dot{m}_v$  flujo másico de vapor de entrada al centro de consumo (kg/s);

$h_v$  entalpía específica del vapor entregado al centro de consumo (kg/s);

$h_A$  entalpía específica del agua de reposición al sistema de cogeneración (líquido a 15°C y presión atmosférica), (63 kJ/kg);

$t_0$  momento inicial del periodo de medida considerado(s);

$t_1$  instante final del periodo de medida considerado(s);

$n$  número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), y

$i$  subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas.

En las cogeneraciones en las cuales sólo una parte del vapor producido se incorpora al producto, el calor útil se calculará como la suma de las aportaciones de calor de la corriente de vapor que se incorpora a producto y de la corriente de vapor que no se incorpora al producto, aplicando la metodología que le corresponda a cada situación conforme a lo expuesto anteriormente.

C. Gases calientes.

$$H = 10^{-6} \cdot (t_1 - t_0) \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{m}_i * (h_1 - h_2)_i \quad (D)$$

Donde:

$\dot{m}_i$  flujo másico de gases de entrada al centro de consumo (kg/s);

$h_1$  entalpía de los gases a la entrada al centro de consumo (kJ/kg);

$h_2$  entalpía de los gases a la salida del centro de consumo (kJ/kg);

$t_0$  momento inicial del periodo de medida considerado (s);

$t_1$  instante final del periodo de medida considerado (s);

$n$  número de mediciones realizadas en el periodo de medida considerado (número de medidas por hora no deberá ser inferior a 60, 1 cada minuto), y

$i$  subíndice correspondiente a cada una de las medidas realizadas

- D. Refrigeración. Cuando el calor producido por una cogeneración se emplea para la producción de frío mediante una máquina de absorción, considerar como calor útil a todo aquel calor consumido por la máquina de absorción independientemente de la temperatura de dicho calor y de la del frío producido. Esta estimación debe ser más precisa y considerar que:
1. En el caso que la generación de frío se realice a un nivel de temperatura superior a 0°C el calor útil corresponderá a la demanda de refrigeración final.
  2. En el caso que la generación de frío se realice a un nivel de temperatura inferior a 0°C, el calor útil corresponderá a todo el calor consumido por las máquinas de absorción, siempre que la temperatura de dicho calor consumido sea inferior a 180°C.
- j) Adicional a la obtención del valor de calor útil de acuerdo a lo descrito, es necesaria la realización de un análisis sobre el destino de dicho calor útil (análisis de proceso).
- k) En ningún caso se considerará calor útil a aquella energía térmica que se destine a usos que no se realizarían mediante equipos de suministro de calor diferentes a la cogeneración.
- l) Sumideros de calor: El calor entregado a proceso que finalmente no sea aprovechado en los mismos, siendo por ejemplo vertido directamente a la atmósfera, nunca tendrá la consideración de calor útil, siendo obligado restarlo del aportado por la cogeneración.

**Vigésima primera.** Los equipos de medición a utilizar (de manera enunciativa mas no limitativa, y que deben contar con sus respectivos certificados de calibración vigentes), según el fluido y parámetros a medir, serán los siguientes:

- I. Flujo de vapor. Placa de orificio, tobera o medidor tipo Vortex. Cuando la medición de vapor se realice con placas de orificio en conjunto con transmisores de presión diferencial, se instalarán cámaras de condensación para las líneas de conexión al transmisor. Se deberá contar con válvulas de bloqueo para aislar el medidor de la placa y dar mantenimiento. El medidor de flujo deberá ubicarse a una distancia equivalente a 10 diámetros (D) de tubería alejado de la perturbación más cercana en el flujo (de manera enunciativa mas no limitativa, válvulas de control, codos, tes, entre otros). En caso de no contar con esta distancia se deberá instalar un acondicionador de flujo aguas arriba del medidor de flujo. Para medir flujos de vapor de alta presión y temperatura se recomienda usar toberas de flujo.
- II. Flujo de combustible.
  - a. Combustibles gaseosos. Placa de orificio, medidor de flujo tipo turbina.
  - b. Combustibles líquidos. Medidor de desplazamiento positivo (diesel) y medidor tipo Coriolis (combustóleo).
  - c. Combustibles sólidos. Banda transportadora con báscula. Para el caso específico del bagazo de caña se pueden utilizar alimentadores con sección transversal y considerar una densidad de  $176 \text{ kg/m}^3$  [ $11 \text{ lb/ft}^3$ ].
  - d. Para el gas natural, cuando el suministro de combustible es exclusivo para la central de cogeneración, se deberán utilizar los sistemas de medición y regulación instalados por la empresa suministradora. No obstante, la persona autorizada deberá realizar la medición de los consumos con medios propios.
  - e. Cuando el suministro de combustible no sea exclusivo para la central de cogeneración, se deberá instalar un medidor adecuado para cuantificar el combustible que es utilizado en el sistema de cogeneración.

- f. En caso de que el sistema de combustible sea común a varias unidades se considerará que la alimentación de combustible es a toda la central de cogeneración en conjunto, incluyendo todas las unidades.
- g. La medición de combustible puede estar relacionada con un sistema de control y adquisición de datos de la turbina de gas o motor de combustión interna con despliegue instantáneo o totalizado del flujo de combustible. Cuando se cuente con generadores de vapor como parte del sistema de cogeneración, se deberá instalar un medidor de flujo de combustible dedicado.
- h. Flujo de gases de combustión. Tubo de Pitot con manómetro de tubo en U (para flujos de 3 m/s y 700°C), anemómetro (para velocidades inferiores a 3 m/s).

Las mediciones de anemómetro/tubo de Pitot pueden llevarse a cabo para determinar el perfil de velocidad en el ducto siguiendo el método logarítmico de Tchebycheff y la velocidad promedio puede determinarse de las lecturas. El flujo volumétrico se deduce del área de sección transversal y el flujo másico se calcula del producto del flujo volumétrico por la densidad del gas.

- III. Método indirecto de medición. En caso de no poder utilizar medición directa, el flujo de gas de descarga debe estimarse a partir de la medición de CO<sub>2</sub> en los gases de combustión y la temperatura de los gases con base en el análisis del combustible. Para el cálculo del flujo de gases de combustión se deberá tomar en cuenta la siguiente expresión:

$$\dot{m}_{gs} = \left\{ \frac{11CO_2 + 8O_2 + 7(N_2 + CO)}{3(CO_2 + CO)} \right\} \times \left\{ c + \frac{s}{2.67} \right\} (\dot{m}_{comb}) \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

Donde:

$\dot{m}_{gs}$       flujo de gases secos, y  
 $\dot{m}_{comb}$     flujo de gas combustible

La medición del contenido de oxígeno, CO<sub>2</sub> y CO necesarios para la determinación del flujo de gases de combustión de forma indirecta, requiere del análisis de gases de combustión, para lo cual se debe utilizar un analizador de gases del tipo sonda de Zirconio.

- a. Poder calorífico del combustible. Cromatógrafo (para gases). Se determina a través de una muestra que se envía a un laboratorio autorizado y certificado, o bien a partir del valor reportado por el suministrador del combustible.
- b. Análisis de restos no quemados: Análisis gravimétrico.
- c. Temperatura. Termopar (para temperaturas mayores a 93°C), Termómetro bimetálico (para servicios con temperaturas hasta 400°C), RTD o transmisor de temperatura. Debe ponerse especial cuidado al ubicar los medidores de presión y temperatura del vapor, ya que los valores de entalpía dependen de estas mediciones. Las tomas de presión deben ubicarse lo más cerca a las tomas de temperatura correspondientes.

Los termopozos deberán localizarse aguas abajo de las tomas de presión, en caso de instalarse aguas arriba no deberán estar en el mismo plano longitudinal. Adicionalmente, tomar en cuenta que deberán instalarse dentro de 4 diámetros de tubería entre ellos y pueden estar en línea. Si se instalan dentro de 2 diámetros de tubería, los termopozos deben estar al menos a 45 grados medidos circunferencialmente.

- d. La media de dos lecturas será considerada la temperatura del fluido. Las discrepancias entre lecturas deben resolverse si exceden 0.56°C. Las diferencias de temperatura por flujo estratificado deben minimizarse al localizar el sensor de temperatura lo más alejado posible en dirección aguas abajo de un codo, o una toma de extracción, para permitir el mezclado del flujo estratificado antes del punto de medición.
- e. Los cables de señales de la instrumentación de temperatura deberán tener una pantalla aterrizada para drenar cualquier corriente inducida por equipo eléctrico cercano.

- f. Todos los cables de señales deberán instalarse lejos de dispositivos productores de fenómenos electromagnéticos tales como motores, generadores, conduits eléctricos y tableros de servicios eléctricos. Los alambres trenzados es la forma más efectiva de reducir el ruido magnético.
- g. Los termopares serán del tipo E, J o K (con termopozo bridado o roscado protector del material adecuado), continuos desde la punta de medición hasta la junta fría o de conexión. Se utiliza normalmente un transmisor de temperatura con compensación por junta fría. También pueden conectarse con cable de extensión apropiado. Los elementos sensores de temperatura deben estar inmersos en el fluido al menos 3 pulgadas, pero no menos de  $\frac{1}{4}$  del diámetro de la tubería. En tuberías de menos de 4 pulgadas de diámetro el elemento debe ubicarse axialmente en la tubería mediante la inserción de un codo o una te. La porción del termopozo que sobresalga de la tubería o recipiente debe estar aislada del dispositivo mismo, con la finalidad de minimizar pérdidas por conducción de calor. Las mediciones de temperatura con RTD deben realizarse con sistemas de cuatro alambres. Para la medición de la temperatura ambiente se puede utilizar el termómetro de mercurio.
- h. Presión: Medidor tipo tubo de Bourdon, transmisor de presión y presión diferencial.
- Los transmisores de presión y presión diferencial usados en servicio de vapor o agua deben instalarse con las líneas de medición con una pendiente continua hacia abajo. Esto asegura que las líneas de medición estén llenas de agua. En servicio de vapor, la línea de medición deberá extenderse por 0.66 m antes de que comience la pendiente hacia abajo.
- En caso de que se presente una pierna de medición con condensado, se deberá tomar en cuenta para realizar la compensación en el transmisor por carga de presión estática.
- Cada transmisor de presión deberá instalarse con una válvula de bloqueo al final de la línea de medición aguas arriba del instrumento. La línea deberá ventearse antes de que se instale el instrumento y deberá permitirse suficiente tiempo para que se forme la pierna de agua en la línea de medición.
- Los transmisores de presión diferencial se deben instalar con un manifold de 5 válvulas para permitir un adecuado mantenimiento.
- Cuando se use un transmisor de presión diferencial en conjunto con un sensor de flujo, deberá tomarse en cuenta la compensación por piernas de agua en las líneas de medición.
- Para la medición de la presión atmosférica se pueden utilizar barómetros.
- i. Energía eléctrica neta: Watthorímetro. Las lecturas que muestre el equipo durante el periodo de medición, serán tomadas para calcular la cantidad de energía eléctrica generada de acuerdo con la ecuación:
- $$E = \text{Lectura final} - \text{lectura inicial} = [kWh]$$
- La medición de energía eléctrica debe realizarse en los puntos de interconexión del generador eléctrico.
- j. Las mediciones se realizan atendiendo al tipo de sistema trifásico que se encuentre instalado en la central de cogeneración.
- k. La potencia instantánea se medirá mediante un Wattmetro, en caso de no ser posible, y como última opción se utilizará la expresión:
- $$\dot{E} = \frac{(\text{Lectura final} - \text{Lectura inicial})[kWh]}{\text{tiempo de medición [s]}} * \frac{3,600[s]}{\text{Periodo de medición}[h]} = [kW]$$
- l. Método indirecto de medición. Se pueden medir la corriente, el voltaje de línea y el factor de potencia, y a partir de estas mediciones obtener la potencia. Estas mediciones pueden realizarse mediante amperímetros, voltímetros, wattmetros y factorímetros instalados en tableros.
- m. Las distintas mediciones de temperatura, presión, flujo, entre otras (de manera enunciativa mas no limitativa) deben satisfacer los requerimientos de exactitud respectivos. La exactitud es

inherente al equipo y fabricante seleccionado. Los rangos calibrados deben seleccionarse para eliminar incertidumbre en la medición. No obstante, las personas autorizadas deberán contar con las certificaciones necesarias en los equipos de medición que aseguren la calibración vigente de los mismos.

**Vigésima segunda.** Las pruebas en sitio deben desarrollarse de mutuo acuerdo entre el permisionario y la persona autorizada. Los permisionarios deberán indicar en qué periodos del año se tienen regímenes estables en los parámetros que sirven para evaluar las variables energéticas. Las pruebas de medición deberán durar el tiempo suficiente para que los datos reflejen la eficiencia de la central, con el fin de prever las variaciones de los parámetros cuantificables debido a los controles, combustible y características de operación de los equipos de las centrales. De acuerdo al tipo de tecnología, la duración de las pruebas se debe ajustar de acuerdo con la información en la tabla:

Tipos de plantas	Duración de la prueba (hrs.)
Generadores de vapor quemando gas	2
Generadores de vapor quemando combustóleo	2
Generadores de vapor quemando carbón	2
Combustor de lecho fluidizado	4
Ciclo abierto con recuperador de calor	1
Motores de combustión interna	1
Generadores de vapor con tolva y ciclón	4

El coordinador de las pruebas y las partes involucradas en las pruebas pueden determinar que se requiere extender el periodo de prueba por un periodo mayor de tiempo, debiendo establecer las razones que lo motivaron.

El tiempo mostrado en la tabla anterior se basa en la adquisición de datos continuos. Dependiendo del personal disponible y el método de adquisición de datos, podrá ser necesario aumentar la duración de una prueba con el fin de obtener un número suficiente de muestras de los parámetros medidos para alcanzar una incertidumbre dada.

Si la corrida de la prueba se realiza mientras la central está utilizando combustibles mezclados o de desecho, y las variaciones en el combustible son significativas, se debe requerir mayor duración de la misma. La duración de las corridas debe considerar los tiempos transitorios de toma de las mediciones.

**Vigésima tercera.** Las personas autorizadas deberán preparar el programa de la prueba, que incluirá la secuencia de los eventos y su duración, incluyendo las notificaciones a las partes responsables, las preparaciones del plan respectivo, su conducción y la elaboración del reporte técnico.

Las personas autorizadas encargadas de realizar la prueba deberán revisar que las instalaciones tengan la instrumentación correcta para realizar las mediciones de flujo, temperatura, presión, entre otras (de manera enunciativa mas no limitativa) además de que éstas cumplan con las tolerancias y calibración adecuada y vigente. En este caso, deberán solicitar y anexar al reporte técnico copia simple de las certificaciones vigentes de los equipos utilizados del permisionario. En caso de que la instrumentación instalada no sea la correcta, las personas autorizadas deberán hacer las adecuaciones pertinentes o, en su caso, usar instrumentación portátil para continuar con la prueba de acuerdo con la información consignada en la tabla siguiente:

Tipos de plantas	Estabilización (hrs.)
------------------	-----------------------

Generadores de vapor quemando gas	1
Generadores de vapor quemando combustóleo	1
Generadores de vapor quemando carbón	1
Combustor de lecho fluidizado	24 <sup>(1)</sup>
Ciclo abierto con recuperador de calor	1
Ciclo combinado	1
Máquinas de combustión interna	1
Generadores de vapor de tolva y ciclón	4

(1) Si la estabilización química ha sido satisfecha entonces la prueba puede comenzar una hora después de este evento

El criterio principal para la consistencia de las condiciones de prueba será que el porcentaje de los datos refleje un equilibrio entre la entrada de energía del combustible y la producción de energía térmica y/o la generación eléctrica. Los parámetros que pueden afectar las condiciones del estado de una prueba son las condiciones ambientales. La duración de las pruebas y el programa deben ser tales que los cambios en las condiciones ambientales sean mínimos.

**Vigésima cuarta.** El personal de las personas autorizadas encargadas de preparar las pruebas y del permisionario, deberán ponerse de acuerdo para certificar las condiciones, la operación y la precisión de las mediciones, así como verificar que la prueba se realice de acuerdo a los procedimientos establecidos en las presentes disposiciones. Para tal efecto, se deberán correr pruebas preliminares que garanticen lo siguiente:

- I. Que el sistema de cogeneración está en perfectas condiciones para proceder con la prueba;
- II. El correcto funcionamiento de los instrumentos, demostrado a partir de los correspondientes certificados de calibración vigentes;
- III. El entrenamiento del personal que auxiliará en la prueba;
- V. La determinación de las curvas de corrección que pudieran aplicarse, y
- VI. La confirmación el aislamiento del sistema de cogeneración.

Para las turbinas de gas, por ser máquinas volumétricas y cuyo comportamiento es afectado por las condiciones climatológicas del sitio, se debe disponer previamente de las pruebas de las curvas de corrección de capacidad y consumo térmico unitario, que permitan la realización de las mismas cuando sea requerido.

**Vigésima quinta.** Todos los datos de las pruebas, ya sean preliminares o no, deberán guardarse en original sin ninguna aplicación de curvas de corrección, factores de conversión o análisis estadísticos por parte de las personas autorizadas.

**Vigésima sexta.** La exactitud de las pruebas a realizar depende del aislamiento del sistema, por lo que los flujos secundarios deberán eliminarse con el fin de evitar errores.

**Vigésima séptima.** Los reportes técnicos de las pruebas que elaborarán las personas autorizadas, y los Permisionarios presentarán a la Comisión, deberán incluir la información siguiente:

- I. Breve descripción y características generales y técnicas de la central;
- II. Mediciones de variables: sus valores y su validación;

- III. Cálculo de combustible (F), electricidad neta generada (E) y calor útil (H), de manera anualizada (dependiendo del número de horas utilizadas en la prueba, considerar un número total de 8760 horas en un año [kJ/año] y validación de resultados según el conjunto de datos, y
- IV. Análisis de variables y resultados obtenidos, que incluirá una breve explicación de la veracidad de las mediciones y si es posible tomarlas en cuenta para el cálculo de la eficiencia de la cogeneración.



**Solicitud del permisionario de cogeneración de energía eléctrica para obtener la acreditación como de cogeneración eficiente.**

**Formato 1 del Anexo Único**

PARA USO EXCLUSIVO DE LA CRE

Núm. de Expediente \_\_\_\_\_

Núm. de Turno \_\_\_\_\_

Antes de llenar lea las instrucciones generales de la página 4

**I. DATOS DEL PERMISIONARIO DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

I.1 Nombre, denominación o razón social

R.F.C.

I.2 Nombre del representante legal

I.3. Número de Permiso de Cogeneración

I.4 Autorizo a la CRE a notificar cualquier acto relacionado con esta solicitud por medios electrónicos

Sí

I.5 Clasificación de la información y documentación entregada

Pública

Confidencial

**II. DATOS DE LA CENTRAL DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA**

II.1 Domicilio

Calle	Núm. exterior	Núm. Interior
Colonia	Código Postal	
Población	Municipio o Delegación	Entidad Federativa
Teléfono con clave LADA	Fax con clave LADA	Correo electrónico

**III. INFORMACIÓN SOBRE EL SISTEMA DE COGENERACIÓN**

III.1 Para sistemas de cogeneración cuyas obras estén por iniciar o en proceso de construcción, no se debe considerar la pregunta III.5

Variables energéticas<sup>1</sup>

E [GJ/año]

H [GJ/año]

F [GJ/año]

<sup>1</sup> Información proporcionada a partir de datos de diseño del sistema de cogeneración

**Formato 1 del Anexo Único**

III.2 Identifique la forma de cogeneración a la cual se ajusta su sistema:

- La producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas.
- La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate.
- La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilización combustibles producidos en los procesos de que se trate.

III.3 Nombre del operador del proceso que da lugar a la cogeneración:

III.4 Equipos principales considerados en el sistema de cogeneración (incluya calderas, primo motores, generadores eléctricos, etc.)

Núm.	Equipo

III.5 Número de puntos de medición\*

\*Puntos donde el permisionario mide el combustible consumido por el sistema de cogeneración, las energías térmica y eléctrica producto del proceso de cogeneración.

**IV. INFORMACIÓN SOBRE LA ACREDITACIÓN**

IV. 1. ¿Es la primera vez que solicita la acreditación de su sistema como de cogeneración eficiente? SI  NO

IV.2. En caso de haber contestado "NO" en la pregunta IV.1, favor de contestar lo siguiente:

- Propósito de la solicitud:  Renovación anual de la acreditación
- Renovación de la acreditación por modificación en las condiciones de operación del sistema de cogeneración

IV.3. Indicar la fecha de entrada en operación de la central de cogeneración (por primera vez o con la modificación realizada)

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre y Firma del Representante legal: \_\_\_\_\_



## Solicitud del permisionario de cogeneración de energía eléctrica para obtener la acreditación como de cogeneración eficiente.

### Formato 1 del Anexo Único

#### INSTRUCCIONES GENERALES

- Para la correcta presentación de este formato de solicitud e integración de los documentos anexos, deberá atender lo siguiente:
  - Presentar el formato llenado en su totalidad, mismo que deberá contener firma autógrafa del representante legal de la empresa solicitante, junto con los documentos anexos, en original y una copia.
  - En el caso de que alguna información requerida en el formato no concierna al proyecto, escribir "NC".
- Se deberá fundamentar la clasificación de la información y documentación entregada a la CRE.
- Al momento de entregar este formato de solicitud, no es necesario entregar esta hoja de información general.
- La información solicitada en el punto III.1, para el caso de los sistemas que sean acreditados por definición, deberá realizarse según las Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente:
  - Con la segunda forma para la cogeneración, reportar sólo los valores para E y H.
  - Con la tercera forma para la cogeneración, reportar sólo los valores para E y F.

#### DOCUMENTOS ANEXOS

El solicitante deberá presentar junto con el formato de solicitud los documentos anexos que se indican:

- a) Copia certificada del instrumento legal por el que se acredite la personalidad y facultades del representante del permisionario.
- b) Escrito libre dirigido a la Comisión Reguladora de Energía en el que se informe sobre las condiciones técnicas del sistema de cogeneración que ampara el permiso correspondiente, indicando si el mismo ha sufrido modificaciones con posterioridad a su otorgamiento que no hayan sido autorizadas por la Comisión Reguladora de Energía.
- c) Reporte técnico, en su caso, a través del formato técnico para levantamiento de parámetros-insumo en el cálculo de la eficiencia de sistemas de cogeneración, requisitado por la persona autorizada por la Comisión Reguladora de Energía para realizar la medición de variables en los sistemas de cogeneración (revisar la disposición sexta de las Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente, para el caso de sistemas de cogeneración cuyas obras están por iniciar o en proceso de construcción).
- d) Diagrama de todo el proceso de cogeneración que incluya la propuesta de los puntos de medición para las variables energéticas F, E y H, a que se refiere la disposición vigésima cuarta de las Disposiciones generales, así como el balance térmico.

#### FUNDAMENTO JURÍDICO

Artículos 2, fracción II, 3, fracciones XII y XXII, y 13 de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía; 3, fracción I, 36, fracción II y numerales 1) y 3), de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; 16, fracción VII, y 35, fracción II, de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 72, fracción I, inciso b), 77, 78, y 103 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y disposiciones segunda y tercera de las Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.

#### PLAZO DE RESOLUCION DEL TRÁMITE

El tiempo total para que la CRE resuelva sobre la solicitud es de treinta días hábiles contados a partir del día siguiente a la presentación de la solicitud de acreditación.

#### ATENCION DE ACLARACIONES, QUEJAS Y DENUNCIAS

Para cualquier aclaración, duda y/o comentario con respecto a este trámite, sírvase llamar a la Comisión Reguladora de Energía al teléfono 01 55 52 83 15 15.

El Órgano Interno de Control de la Secretaría de Energía pone a disposición de la ciudadanía en general para la captación de quejas, denuncias, sugerencias, reconocimientos, así como inconformidades los siguientes medios:

- Teléfono en el D.F. y área metropolitana: 50 00 60 00
- Vía Internet: <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1578>

Si necesita comunicarse con el responsable del trámite llame al teléfono:

- D.F. y área metropolitana: 52 83 15 20.

#### UNIDAD ADMINISTRATIVA ANTE LA QUE SE PRESENTA Y RESUELVE EL TRÁMITE

- La unidad administrativa ante la que se presenta este formato y sus documentos anexos es la Comisión Reguladora de Energía, ventanilla de Oficialía de Partes, ubicada en Av. Horacio 1750, Col. Los Morales Polanco, Del. Miguel Hidalgo, 11510, México, D. F.
- La unidad administrativa que resuelve sobre la solicitud de acreditación es la Comisión Reguladora de Energía.

#### IDENTIFICACION DEL TRÁMITE

- Trámite al que corresponde el formato: Solicitud del permisionario de cogeneración de energía eléctrica para obtener la acreditación como de cogeneración eficiente.
- Homoclave en el Registro Federal de Trámites y Servicios: CRE-DGEER-037.
- Fecha de autorización del formato de solicitud por parte de la COFEMER: 9 de agosto de 2012.



**Solicitud de autorización a las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración.**

**Formato 2 del Anexo Único**

PARA USO EXCLUSIVO DE LA CRE

Núm. de Expediente \_\_\_\_\_

Núm. de Turno \_\_\_\_\_

**Antes de llenar lea las instrucciones generales de la página 3**

**I. DATOS DEL SOLICITANTE**

I.1 Nombre, denominación o razón social

_____	R.F.C.	_____
-------	--------	-------

I.2 Domicilio

Calle	Núm. Exterior	Núm. interior
Colonia	Código Postal	
Población	Municipio o Delegación	Entidad Federativa
Teléfono con clave LADA	Fax con clave LADA	Correo electrónico

I.3 Datos de inscripción del acta constitutiva en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio

Partida	Foja	Volumen	Libro	Sección	Fecha	o Folio mercantil
---------	------	---------	-------	---------	-------	-------------------

I.4 Nombre del representante legal

_____
-------

I.5 Autorizo a la CRE a notificar cualquier acto relacionado con esta solicitud por medios electrónicos

Sí

I.6 Clasificación de la información y documentación entregada

Pública

Confidencial



**Solicitud de autorización a las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración.**

**Formato 2 del Anexo Único**

**II. INFORMACIÓN SOBRE LA AUTORIZACIÓN**

II. 1. ¿Es la primera vez que solicita la autorización para realizar la medición de variables en sistemas de cogeneración?

SI  NO

II.2. En caso de haber contestado "NO" en la pregunta II.1, favor de contestar lo siguiente:

- Propósito de la solicitud:  Renovación anual de la autorización.  
 Actualización de su plantilla de personal.

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Nombre y Firma del Representante legal:** \_\_\_\_\_

	<h2 style="margin: 0;">Solicitud de autorización a las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración.</h2>
--	---

### Formato 2 del Anexo Único

<b>INSTRUCCIONES GENERALES</b>
--------------------------------

- Para la correcta presentación de este formato de solicitud e integración de los documentos anexos, deberá atender lo siguiente:
  - Presentar el formato llenado en su totalidad, mismo que deberá contener firma autógrafa del representante legal de la empresa solicitante, junto con los documentos anexos, en original y una copia.
  - En el caso de que alguna información requerida en el formato no concierna al proyecto, escribir "NC".
- Se deberá fundamentar la clasificación de la información y documentación entregada a la CRE.
- Al momento de entregar este formato de solicitud, no es necesario entregar esta hoja de información general.

<b>DOCUMENTOS ANEXOS</b>
--------------------------

El solicitante deberá presentar junto con el formato de solicitud los documentos anexos que se indican:

- a) Original o copia certificada del instrumento jurídico que acredite tanto la existencia legal del solicitante y que acredite que desarrolla actividades vinculadas con la medición de variables involucradas en sistemas relacionados con el sector energético; en el caso de personas morales, lo anterior deberá establecerse en el instrumento jurídico que formalice su constitución, como parte de su objeto;
- b) Original o copia certificada del instrumento legal donde se acrediten la personalidad y facultades del representante legal del solicitante;
- c) Relación de personal que especifique los nombres, perfil profesional, funciones y experiencia en medición de variables involucradas en sistemas relacionados con el sector energético, acompañando los documentos que acrediten que dicho personal cumple con los requisitos siguientes:
  - Formación profesional apegada a cualquiera de las siguientes carreras: Ingeniería Química, Ingeniería Química Industrial, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Procesos, Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales o ramas afines, a través del título y la cédula profesional expedida por la autoridad competente, y
  - Capacitación en el uso y manejo de equipos de medición de acuerdo a lo que indican los procedimientos a que se refieren las disposiciones décima segunda a vigésima séptima de las Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente, así como en metrología y técnicas de medición, a través del comprobante de estudios expedido por una institución autorizada en la materia.
- d) Listado de inventario de equipos que demuestre que el solicitante cuenta con la infraestructura suficiente para prestar los servicios que soliciten los permisionarios, acompañando los certificados de calibración vigentes emitidos por alguna institución autorizada en la materia.

<b>FUNDAMENTO JURIDICO</b>
----------------------------

Artículos 2, fracción II, 3, fracciones XII y XXII, y 13 de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía; 3, fracción I, 36, fracción II y numerales 1) y 3), de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; 16, fracción VII y 35, fracción II, de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 72, fracción I, inciso b), 77, 78 y 103 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y disposiciones Quinta y Sexta de las Disposiciones generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.

<b>PLAZO DE RESOLUCION DEL TRÁMITE</b>
--

El tiempo total para que la CRE resuelva sobre la solicitud de autorización es de treinta días hábiles contados a partir de la presentación de la solicitud de autorización.

<b>ATENCION DE ACLARACIONES, QUEJAS Y DENUNCIAS</b>
---

Para cualquier aclaración, duda y/o comentario con respecto a este trámite, sírvase llamar a la Comisión Reguladora de Energía al teléfono 01 55 52 83 15 15.

El Órgano Interno de Control de la Secretaría de Energía pone a disposición de la ciudadanía en general para la captación de quejas, denuncias, sugerencias, reconocimientos, así como inconformidades los siguientes medios:

- Teléfono en el D.F. y área metropolitana: 50 00 60 00
- Vía Internet: <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1578>

Si necesita comunicarse con el responsable del trámite llame al teléfono:

- D.F. y área metropolitana: 52 83 15 20.

<b>UNIDAD ADMINISTRATIVA ANTE LA QUE SE PRESENTA Y RESUELVE EL TRAMITE</b>
--

- La unidad administrativa ante la que se presenta este formato y sus documentos anexos es la Comisión Reguladora de Energía, ventanilla de Oficialía de Partes, ubicada en Horacio 1750, Colonia Los Morales Polanco, C.P. 11510, México, D.F.
- La unidad administrativa que resuelve sobre la autorización de las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración es la Comisión Reguladora de Energía.

<b>IDENTIFICACION DEL TRÁMITE</b>
-----------------------------------

- Trámite al que corresponde el formato: Solicitud de autorización a las personas que realicen la medición de variables en los sistemas de cogeneración.
- Homoclave en el Registro Federal de Trámites y Servicios: CRE-DGEER-038.
- Fecha de autorización del formato de solicitud por parte de la COFEMER: 9 de agosto de 2012.

	<b>Formato de reporte técnico para levantamiento de parámetros- insumo en el cálculo de la eficiencia de sistemas de cogeneración.</b>
---	--

**Formato 3 del Anexo Único**

PARA USO EXCLUSIVO DE LA CRE	
Núm. de Expediente _____	Núm. de Turno _____

**I. DATOS DE LA PERSONA AUTORIZADA PARA REALIZAR LA MEDICIÓN DE LAS VARIABLES EN LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN**

I.1 Nombre, denominación o razón social de la persona autorizada para realizar la medición de las variables en los sistemas de cogeneración.

--

I.2 Domicilio para oír y recibir notificaciones de la persona autorizada para realizar la medición de las variables en los sistemas de cogeneración.

Calle	Núm. Exterior	Núm. Interior
Colonia	Código Postal	
Población	Municipio o Delegación	Entidad Federativa
Teléfono con clave LADA	Fax con clave LADA	Correo Electrónico

**II. DATOS DEL PERMISIONARIO**

II.1 Nombre, denominación o razón social del Permisionario

--

II.2 Número de permiso de cogeneración

--

II.3 Nombre del representante legal

--

II.4 Domicilio de la central de cogeneración

Calle	Núm. Exterior	Núm. Interior
Colonia	Código postal	
Población	Municipio o delegación	Entidad Federativa
Teléfono con clave LADA	Fax con clave LADA	Correo electrónico

II.5 ¿Autoriza a la CRE a notificar cualquier acto relacionado con esta solicitud?

SI

II.6 Clasificación de la información y documentación entregada

Pública  Confidencial

**Formato 3 del Anexo Único**

**III. DATOS TÉCNICOS DE LA CENTRAL DE COGENERACION**

III.1 Definición de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica a la cual corresponde el sistema de cogeneración.

<input type="checkbox"/>	Energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos
<input type="checkbox"/>	Energía térmica no aprovechada en sus procesos, utilizada para la producción directa o indirecta de energía eléctrica
<input type="checkbox"/>	Utilización de combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica

III.2 Tecnología y configuración de la central.<sup>1</sup>

--------------

III.3 Capacidad de generación máxima bruta [MW].

III.4 Generación anual estimada [GWh].

III.5 Combustibles utilizados en la cogeneración.

--------------

III.6 Descripción del proceso al cual la cogeneración aporta calor.

--------------

III.7 Dispositivos de postcombustión (en caso de haberlos).

--------------

III.8 Dispositivos de suministro de calor diferentes a la cogeneración y postcombustión (en caso de haberlos).

--------------

**Formato 3 del Anexo Único**

**IV. MEDICIONES DEL SISTEMA**

IV.1 Número de puntos de medición\*

\*Puntos donde la Persona Autorizada midió el combustible consumido por el sistema de cogeneración, y las energías térmica y eléctrica producto del proceso de cogeneración.

IV.2 Diagrama del sistema de cogeneración y puntos de medición de variables energéticas

IV.3 Duración de la prueba:

Hrs

IV.4 Combustibles consumidos:

Por la cogeneración.

GJ/año

Por dispositivos de postcombustión.

GJ/año

Por otros equipos que aportan calor al proceso.

GJ/año

IV.5 Energía eléctrica generada:

GJ

IV.6 Calor útil:

Total entregado a proceso.

GJ/año

Aportado por dispositivos de postcombustión.

GJ/año

Aportado por otros dispositivos.

GJ/año

**Formato 3 del Anexo Único**

**V. VISITA DE VERIFICACIÓN**

V.1 Fecha de realización de la visita:

V.2 Equipo de medición a utilizar:

Medición de combustible.

- |    |
|----|
| 1. |
| 2. |
| 3. |
| 4. |

Medición de energía eléctrica.

- |    |
|----|
| 1. |
| 2. |
| 3. |
| 4. |

V.3 Método de evaluación del calor útil:

Método directo.

Método indirecto.

**Nombre y Firma de:**

**Persona autorizada para realizar la medición de las variables en  
los sistemas de cogeneración:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

### Formato 3 del Anexo Único

#### NOTAS

<sup>1</sup> Elija la configuración a la cual se ajusta su sistema, en caso de no estar listado, describa el caso específico:

- Generador de vapor – turbina de vapor – vapor a proceso;
- Generador de vapor – turbina de vapor – vapor a proceso y a condensación;
- Turbina de gas – recuperador de calor – turbina de vapor – vapor a proceso;
- Turbina de gas – recuperador de calor – turbina de vapor – vapor a proceso y a condensación;
- Turbina de gas – recuperador de calor – vapor a proceso – gases calientes para secado;
- Turbina de gas – recuperador de calor – vapor a proceso;
- Motor de combustión interna – recuperador de calor e intercambiador de calor – vapor a proceso; o
- Motor de combustión interna – recuperador de calor – generador de vapor – vapor a proceso.

<sup>2</sup> Tomar en cuenta el factor de conversión:  
1 kWh = 0.0036 GJ

#### INSTRUCCIONES GENERALES

- Para la correcta presentación de este formato de solicitud e integración de los documentos anexos, deberá atender lo siguiente:
  - Presentar el formato llenado en su totalidad, mismo que deberá contener firma autógrafa del representante legal de la empresa solicitante y de la persona autorizada para realizar la medición de las variables en los sistemas de cogeneración.
  - En el caso de que alguna información requerida en el formato no concierna al proyecto, escribir "NC".
- Se deberá fundamentar la clasificación de la información y documentación entregada a la CRE.
- Al momento de entregar este formato de solicitud, no es necesario entregar esta hoja de información general.

#### DOCUMENTOS ANEXOS

El solicitante deberá presentar junto con el formato de solicitud los documentos anexos que se indican:

- Diagrama del proceso y balance térmico;
- Comprobante de calibración del equipo de medición utilizado, y

- Copia de identificación oficial de la persona autorizada para realizar la medición de las variables en los sistemas de cogeneración.

#### FUNDAMENTO JURIDICO

Artículos 2, fracción II y 3, fracciones XII y XXII, y 13 de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía; 3, fracción I, 36, fracción II y numerales 1) y 3), de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; 16, fracción VII, y 35, fracción II, de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 72, fracción I, inciso b), 77, 78 y 103 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y Disposición Segunda de las Disposiciones generales para acreditar Sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.

#### ATENCION DE ACLARACIONES, QUEJAS Y DENUNCIAS

Para cualquier aclaración, duda y/o comentario con respecto a este trámite, sírvase llamar a la Comisión Reguladora de Energía al teléfono 01 55 52 83 15 15.

El Órgano Interno de Control de la Secretaría de Energía pone a disposición de la ciudadanía en general para la captación de quejas, denuncias, sugerencias, reconocimientos, así como inconformidades los siguientes medios:

- Teléfono en el D.F. y área metropolitana: 50 00 60 00
- Vía Internet: <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1578>

Si necesita comunicarse con el responsable del trámite llame al teléfono:

- D.F. y área metropolitana: 52 83 15 20.

#### UNIDAD ADMINISTRATIVA ANTE LA QUE SE PRESENTA Y RESUELVE EL TRÁMITE

- La unidad administrativa ante la que se presenta este formato y sus documentos anexos es la Comisión Reguladora de Energía, ventanilla de Oficialía de Partes, ubicada en Horacio 1750, Colonia Los Morales Polanco, C.P. 11510, México, D.F.
- La unidad administrativa que resuelve sobre el formato de reporte técnico es la Comisión Reguladora de Energía.

#### IDENTIFICACION DEL TRÁMITE

- Trámite al que corresponde el formato: Solicitud del permisionario de cogeneración de energía eléctrica para obtener la acreditación como de cogeneración eficiente.
- Homoclave en el Registro Federal de Trámites y Servicios: CRE-DGEER-037.
- Fecha de autorización del formato de solicitud por parte de la COFEMER: 9 de agosto de 2012.