

---

**CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> DEL SISTEMA  
ELÉCTRICO INTERCONECTADO COLOMBIANO**

Presentado por:

Haider Amaranto Sanjuán

Grupo de Generación

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

Versión 2009.3

# UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

## TABLA DE CONTENIDO

1	ALCANCE.....	4
2	DEFINICIONES .....	4
3	PRELIMINARES.....	7
4	METODOLOGÍA .....	7
	4.1 Identificación del Sistema Eléctrico Relevante.....	8
	4.2 Selección Del Método Para Determinar El Margen De Operación .....	8
	4.2.1 Resumen Metodologías para Determinar el Margen de Operación.....	8
	4.2.2 Método Seleccionado.....	11
	4.2.3 Consideraciones Generales .....	11
	4.3 Cálculo del Factor de Emisión del Margen de Operación .....	12
	4.4 Identificación del Conjunto de Unidades de Generación del Margen de Construcción.....	13
	4.4.1 Consideraciones .....	14
	4.5 Cálculo del Factor de Emisión del Margen de Construcción.....	14
	4.6 Cálculo del Factor de Emisión del Margen Combinado .....	15
5	RESULTADOS.....	15
	5.1 Cálculo del Factor de Emisión Margen de Operación .....	15
	5.1.1 Preámbulo .....	15
	5.1.2 Resultados.....	16
	5.2 Cálculo del Factor de Emisión del Margen de Construcción.....	16
	5.2.1 Preámbulo .....	16
	5.2.2 Determinación de la Muestra.....	16
	5.2.3 Resultados.....	18
	5.3 Cálculo del Factor de Emisión del Margen Combinado .....	18
6	CONCLUSIONES .....	19
7	ANEXO 1. FACTORES DE EMISIÓN (F.E.) POR PLANTA DE GENERACIÓN .	20
8	REVISIONES .....	21



# UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

8.1	Versión 2009.1 .....	21
8.2	Versión 2009.2 .....	23
8.3	Versión 2009.3 .....	31

# UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

## 1 ALCANCE

El factor de emisión de CO<sub>2</sub> calculado en este documento corresponde al factor de emisión de CO<sub>2</sub> de la energía eléctrica desplazada por la generación de las plantas de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en el Sistema Interconectado Nacional de Colombia para el año 2008. Se utiliza para realizar el cálculo de las emisiones de la línea base para una actividad de proyecto de MDL que sustituye energía eléctrica desde la red.

## 2 DEFINICIONES

### *CDM*

Sigla de Clean Development Mechanism, que puede traducirse como Mecanismo de Desarrollo Limpio (en español suele usarse la sigla MDL). Instrumento a través del cual un país del Anexo 1<sup>1</sup> tiene la posibilidad de invertir en un proyecto que se implemente en un país en desarrollo y utilizar las reducciones o capturas de emisiones de gases efecto invernadero de dicho proyecto para cumplir con sus compromisos de reducción<sup>2</sup>.

### *CDM – PDD*

Sigla de Clean Development Mechanism – Project Design Document, que puede traducirse como Documento de Diseño del Proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Es el documento oficial que contiene información de la actividad del proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio, la metodología de la línea base y de monitoreo aprobadas y que fueron aplicadas a este proyecto, de acuerdo con los requerimientos del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Un listado de los países Anexo I puede verse en la página WEB de la UNFCCC: [http://unfccc.int/parties\\_and\\_observers/parties/annex\\_i/items/2774.php](http://unfccc.int/parties_and_observers/parties/annex_i/items/2774.php).

<sup>2</sup> Tomado del “Plan de Trabajo Para El Mecanismo de Desarrollo Limpio”. Ministerio del Medio Ambiente – Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático. Ministerio de Transporte. Bogotá D. C., Octubre 21 de 2002. Puede ampliarse la información del Mecanismo de Desarrollo Limpio en la página WEB: <http://cdm.unfccc.int/about/index.html>.

<sup>3</sup> Tomado de la página WEB: [http://cdm.unfccc.int/Panels/meth/meeting/08/MP31\\_repan08\\_Guidelines](http://cdm.unfccc.int/Panels/meth/meeting/08/MP31_repan08_Guidelines). Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Consulta realizada el día 28 de agosto de 2009.

Puede ampliarse la información de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y la temática medioambiental en el documento de la página WEB: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

---

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

### *Despacho*

En este documento, se conoce como despacho al conjunto de unidades o plantas de generación determinadas para cada hora de un año dado, las cuales participan en la generación de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y están ordenadas de acuerdo al mérito que define su precio de oferta en el Mercado de Energía Mayorista<sup>4</sup>. Por lo tanto, para cada hora se tiene un conjunto de unidades o plantas de generación cuya generación total suple la demanda de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional de esa hora.

### *Desplazamiento de Energía Eléctrica*

En este documento, es la acción hipotética de sustitución de energía eléctrica que usualmente es generada por las unidades/plantas de generación que hacen parte del Sistema Interconectado Nacional, por energía eléctrica generada por unidades/plantas que son proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio.

### *DOE*

Sigla de Designated Operational Entities, que puede traducirse como Entidades Operacionales Designadas. Son las entidades legales regionales u organizaciones internacionales acreditadas y designadas provisionalmente luego de confirmadas por el CMP<sup>5</sup>, por la Junta Ejecutiva (EB, por sus siglas en inglés), la cual tiene dos funciones principales: validar y consecuentemente requerir el registro de una actividad de MDL propuesta; y verificar la reducción de emisiones de dicha actividad<sup>6</sup>.

### *Factor de Emisión de CO<sub>2</sub>*

Cantidad estimada de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmosfera por cada unidad de MWh de energía eléctrica generada por una planta de generación.

### *Margen Combinado*

Se refiere a la integración del margen de operación y el margen de construcción con el objetivo de determinar el factor de emisión de CO<sub>2</sub> equivalente de un sistema eléctrico.

---

<sup>4</sup> Puede ampliarse la información del Mercado de Energía Mayorista visitando la página WEB: [http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado\\_mayorista/caracteristicas\\_generales.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado_mayorista/caracteristicas_generales.htm).

<sup>5</sup> Siglas de Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol.

<sup>6</sup> Tomado de la página WEB: <http://cdm.unfccc.int/DOE/index.html>. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Consulta realizada el día 28 de agosto.

---

*Margen de Construcción*

Se refiere a las unidades de generación recientes que se afectan por la actividad del proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM, por sus siglas en inglés).

*Margen de Operación*

Se refiere al conjunto de plantas de generación existentes cuya generación de electricidad sería afectado por la actividad del proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM, por sus siglas en inglés).

*Margen del despacho*

En este documento, la expresión *margen del despacho* tiene el mismo significado de *tope del despacho*.

*MDL*

Sigla de Mecanismo de Desarrollo Limpio.

*Mecanismo de Desarrollo Limpio*

Ver la definición de CDM.

*Planta de Generación*

Es el conjunto de unidades de generación situadas en un mismo espacio, en la que cada unidad de generación se caracteriza por poder operar independientemente de las otras unidades de generación presentes en la planta.

Puede considerarse como una unidad de generación el conjunto de unidades de generación situadas en un mismo sitio y que son idénticas tanto en capacidad, edad y eficiencia.

*Red*

En este documento, la palabra red tiene el mismo significado de Sistema Interconectado Nacional.

*Sistema Eléctrico Relevante*

Es el sistema eléctrico conectado por líneas de transmisión al sistema eléctrico del proyecto, que se tiene en cuenta para realizar el cálculo del factor de emisión de CO<sub>2</sub>.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

### *Tope del Despacho*

Se refiere a las unidades o plantas de generación que se encuentran en el margen del despacho, por lo que sus precios de oferta son los más altos por cada hora de un año dado.

### *Unidad de Generación*

Es el equipamiento mínimo que permite generar energía eléctrica a partir de la conversión de energía hidráulica, eólica, térmica, etc.

## 3 PRELIMINARES

El Factor de Emisión del Sistema Interconectado Nacional se calculó teniendo en cuenta la herramienta: “Tool To Calculate The Emission Factor For An Electricity System” versión 1.1<sup>7</sup>, que en adelante se denominará *documento de referencia*, el cual muestra la metodología para determinar el factor de emisión de CO<sub>2</sub> para el desplazamiento de energía eléctrica generada por plantas de generación en un sistema eléctrico.

## 4 METODOLOGÍA

La herramienta metodológica contenida en el documento de referencia determina el factor de emisión de CO<sub>2</sub> calculando el “margen de operación” (OM<sup>8</sup>, por sus siglas en inglés), el “margen de construcción” (BM<sup>9</sup>, por sus siglas en inglés) además del “margen combinado” (CM<sup>10</sup>, por sus siglas en inglés).

La metodología dada en este documento muestra seis pasos que se enumeran a continuación:

- Paso 1. Identificar el sistema eléctrico relevante.
- Paso 2. Seleccionar el método para determinar el margen de operación.
- Paso 3. Calcular el factor de emisión del margen de operación de acuerdo al método seleccionado.
- Paso 4. Identificar el conjunto de unidades de generación que serán incluidas en el margen de construcción.
- Paso 5. Calcular el factor de emisión del margen de construcción.
- Paso 6. Calcular el factor de emisión del margen combinado.

---

<sup>7</sup> La versión en PDF del documento “Tool To Calculate The Emission Factor For An Electricity System” versión 1.1, se puede encontrar en el link Metodologías de la página WEB de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf>.

<sup>8</sup> Siglas de Operating Margin.

<sup>9</sup> Siglas de Build Margin.

<sup>10</sup> Siglas de Combined Margin.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

A continuación se detallan cada uno de estos pasos para describir claramente la metodología aplicada.

### 4.1 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO RELEVANTE

Se utiliza el Sistema Interconectado Nacional.

### 4.2 SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA DETERMINAR EL MARGEN DE OPERACIÓN

#### 4.2.1 Resumen Metodologías para Determinar el Margen de Operación

Según el documento de referencia, el cálculo del factor de emisión del margen de operación puede determinarse por uno de los siguientes métodos:

- OM Simple
- OM Simple Ajustado
- OM por Análisis de Datos del Despacho
- OM Promedio

El Método OM Simple puede ser usado solamente si la generación de energía eléctrica de las plantas *low-cost/must run*<sup>11</sup> constituye menos que el 50% del total de la generación en la red en: 1) el promedio de los cinco años más recientes, o 2) basado sobre promedios de largo plazo para producción hidroeléctrica. Para el caso colombiano, el promedio de energía hidroeléctrica generada para el Sistema Interconectado Nacional fue de 82,90%<sup>12</sup>, por lo tanto este método no puede ser aplicado.

Para el método OM Simple, OM Simple Ajustado y OM Promedio, el factor de emisiones puede ser calculado usando cualquiera de las dos opciones:

- Opción Ex – Ante: se realiza un promedio de la generación de energía eléctrica para los 3 años anteriores, basado en los más recientes datos disponibles al tiempo de la presentación del CDM – PDD al DOE<sup>13</sup> para la validación, sin requerir del monitoreo y cálculo de los factores de emisión durante el periodo estipulado para verificación y certificación.

---

<sup>11</sup> Las plantas *low-cost/must-run* son definidas como plantas de generación con bajos costos de generación marginal o plantas de generación que son despachadas independientemente de la carga diaria o estacional de la red. Típicamente se incluyen plantas hidroeléctricas, geotérmicas, eólicas, de biomasa de bajo costo, plantas nucleares y solares.

<sup>12</sup> A partir de información suministrada desde el link Neón de la página WEB de XM Expertos en Mercados, se calculó la participación de la generación hidroeléctrica en el total de generación del país para el período 2004 – 2008, obteniendo como resultado 82,90%.

<sup>13</sup> Siglas de Designated Operational Entities, que puede traducirse como Entidades Operacionales Designadas. Son las entidades legales regionales u organizaciones internacionales de una actividad de proyecto de CDM propuesto



## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

- Opción Ex – Post: se realiza el análisis para el año en que el proyecto desplaza electricidad pero se requiere que el factor de emisión sea actualizado anualmente durante el monitoreo. Si los datos requeridos para calcular el factor de emisión para el año y están disponibles después de seis meses de finalizado el año y, puede usarse como alternativa el factor de emisión del año previo  $y-1$ . Si la información está disponible 18 meses después de finalizado el año y, puede usarse como alternativa el factor de emisión del año  $y-2$ . El mismo criterio ( $y$ ,  $y-1$  ó  $y-2$ ) se usarán a lo largo de todo el período estipulado para verificación y certificación.

Para el método OM por Análisis de Datos del Despacho, se debe usar el año en que la actividad del proyecto desplaza electricidad de la red y actualizar el factor de emisión anualmente durante el monitoreo.

A continuación se muestra cada uno de los métodos que permiten calcular el factor de emisión del margen de operación:

### 4.2.1.1 OM Simple

El factor de emisión por el método OM Simple es calculado como el promedio de la generación de las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de generación de energía eléctrica (tCO<sub>2</sub>/MWh) de todas las plantas de energía que operan en el sistema sin incluir las unidades/plantas de generación *low-cost/must-run*. Esto puede ser calculado:

- Basado en los datos de consumo de combustibles y la generación de energía eléctrica a la red de cada una de las unidades/plantas de generación de energía eléctrica (Opción A),
- Basado en los datos de generación eléctrica, la eficiencia promedio de cada unidad de generación y el tipo de combustible usado en cada unidad de generación (Opción B), o
- Basado en los datos de la generación de energía eléctrica total de todas las plantas de generación que hacen parte del sistema y los tipos de combustibles y consumos del Sistema Interconectado Nacional (Opción C).

La Opción A debería ser usada si los datos de consumo de combustible están disponibles para cada unidad/planta de generación. En los otros casos, puede ser usada las opciones B y C. Para el cálculo del factor de emisión por el método OM Simple, la Opción C debería ser usado solo si los datos necesarios para la opción A y la Opción C no está disponible y puede ser usado solo si la generación de energía eléctrica renovable y nuclear son consideradas como plantas *low-cost/must-run* y si es conocida su generación de energía eléctrica a la red.

Como se mencionó en la sección 4.2.1, el método OM Simple no puede ser usado ya que la generación de energía eléctrica de las plantas *low-cost/must run* en el Sistema

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

Interconectado Nacional constituye más del 50% del total de la generación en la red (82,90% en el período 2004-2008 para la generación hidroeléctrica).

### 4.2.1.2 OM Simple Ajustado

El método de cálculo del factor de emisión del OM Simple Ajustado es una variación del método OM Simple, donde las unidades/plantas de generación de energía eléctrica (incluyendo importaciones) son separadas en plantas *low-cost/must-run* y plantas restantes. Tal como el método OM Simple, éste puede ser calculado:

- Basado en los datos de consumo de combustibles y la generación de energía eléctrica a la red de cada una de las unidades/plantas de generación de energía eléctrica (Opción A), o
- Basado en los datos de generación eléctrica, la eficiencia promedio de cada unidad de generación y el tipo de combustible usado en cada unidad de generación (Opción B)

La opción C no es aplicable al método OM Simple Ajustado.

Tanto si se quiere usar la opción A como la opción B, es necesario calcular el valor del parámetro  $\lambda_y$  (%), que se define como el número de horas en que las plantas *low-cost/must-run* están en el margen por las horas de operación del Sistema Interconectado Nacional en el año  $y$ . Por lo tanto, se expresa por medio de la ecuación:

$$\lambda_y(\%) = \frac{\text{Horas Plantas Low – Cost/Must – Run en el margen en el año } y}{8760 \text{ horas por año}}$$

Este método requiere que se determine el conjunto de plantas *low-cost/must-run* del Sistema Interconectado Nacional, cuya delimitación no es clara porque no se establecen criterios de definición específicos para esta categoría de plantas.

### 4.2.1.3 OM por Análisis de Datos del Despacho

El cálculo del factor de emisión del OM por Análisis de Datos del Despacho se determina con base en las unidades de generación que son despachadas actualmente al margen durante cada hora  $h$  donde el proyecto está desplazando electricidad. Este enfoque no es aplicable a datos históricos y por lo tanto, requiere monitoreo anual.

Para determinar el conjunto de unidades de generación  $n$  que están en el tope del despacho, se obtiene a partir del Centro Nacional de Despacho:

- El orden de operación de cada unidad de generación del Sistema Interconectado Nacional incluyendo las unidades de generación de las que se importa energía eléctrica; y



- La cantidad de energía eléctrica (MWh) que es despachada desde las unidades de generación del Sistema Interconectado Nacional durante cada hora  $h$  que la actividad del proyecto está desplazando energía.

Para cada hora  $h$  se ordenan las unidades de generación usando el orden de mérito de acuerdo con los precios ofertados. El grupo de las unidades de generación  $n$  que hacen parte del margen del despacho corresponde a las unidades en el tope  $x\%$  del total de energía desplazada en la hora  $h$ , donde  $x\%$  es igual al mayor valor obtenido de las siguientes opciones:

- 10%; o
- La cantidad de energía eléctrica desplazada por el proyecto durante la hora  $h$  dividido por el total de generación de electricidad para esa hora  $h$ .

#### **4.2.1.4 OM Promedio**

El método de cálculo del factor de emisión del OM Promedio es calculado como la tasa de emisión promedio de todas las plantas que hacen parte de la red, incluyendo las plantas de generación *low-cost/must-run*.

La UPME no usó esta metodología debido a que ésta no tiene en cuenta la generación de energía eléctrica de las plantas del SIN, por lo que no reflejaría la operación de la generación de nuestro sistema eléctrico interconectado.

#### **4.2.2 Método Seleccionado**

Debido a las características de operación de nuestro Sistema Interconectado Nacional y la disponibilidad de información para la Unidad de Planeación Minero Energética, el método del margen de operación seleccionado es el de análisis de datos de despacho, el cual se expone en el literal c del paso 3 del documento de referencia.

Este método está basado en las plantas de generación que fueron despachadas en el año 2008 por lo que se realiza un análisis horario para este año del despacho eléctrico del Sistema Eléctrico Colombiano.

#### **4.2.3 Consideraciones Generales**

Las siguientes fueron las consideraciones generales que se tuvieron en cuenta para determinar el factor de emisión del margen de operación:

- Como las plantas menores no ofertan precios en el despacho, se consideró su oferta como 0 \$/kWh (Resolución 39 de 2001).
- El orden de mérito del despacho se realizó teniendo en cuenta los siguientes lineamientos: fecha y hora, ascendente; precio de oferta, descendente; generación real, ascendente.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

- Las plantas de generación Guajira 1 y Guajira 2 generaron con carbón durante el 2008.
- El factor de emisión de CO<sub>2</sub> de Guajira 1 y Guajira 2 se determina como el promedio entre los valores de emisión del carbón Cerrejón Central Base Seca y el carbón Cerrejón Norte Base Seca, ya que el combustible para esta planta usado en esta planta es denominado Carbón Cerrejón Base Seca.
- A menos que se especifique otra cosa, el factor de emisión de los combustibles es tomado del aplicativo FECOC (Factor de Emisión de los Combustibles Colombianos).
- El factor de emisión de la energía eléctrica importada es 0 tCO<sub>2</sub>/MWh.
- Se tuvieron en cuenta las plantas de generación registradas como actividades de proyecto CDM siempre y cuando cumplieran con las restricciones para tenerla en cuenta en la muestra.

### 4.3 CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DEL MARGEN DE OPERACIÓN

El factor de emisión del margen de operación por el método de análisis del despacho se calcula como se muestra en la Ecuación 4.1.

Ecuación 4.1

$$EF_{grid, OM-DD, y} = \frac{\sum_h EG_{PJ, h} \cdot EF_{EL, DD, h}}{EG_{PJ, y}}$$

Donde:

$EF_{grid, OM-DD, y}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del margen de operación por el método de análisis del despacho para el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/MWh).

$EG_{PJ, h}$ : Energía eléctrica desplazada por la actividad del proyecto en la hora  $h$  del año  $y$  (MWh)

$EF_{EL, DD, h}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> para las unidades de generación en el tope del despacho en la hora  $h$  del año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/MWh).

$h$ : Horas en el año  $y$  en el que la actividad del proyecto está desplazando la electricidad en la red.

$y$ : Año en que la actividad del proyecto está desplazando energía eléctrica a la red.

El factor de emisión del margen de operación se determina con base en la Ecuación 4.1 y considerará el despacho horario del sistema durante el año 2008 dando la misma relevancia a cada hora del mismo, por lo tanto, esta ecuación puede reducirse a la Ecuación 4.3 obtenida según el procedimiento mostrado en la Ecuación 4.2.

**Ecuación 4.2**

$$EF_{grid,OM-DD,y} = \frac{\sum_h EG_{PJ,h} \cdot EF_{EL,DD,h}}{EG_{PJ,y}} = \frac{EG_{PJ,y} \sum_h EF_{EL,DD,h}}{EG_{PJ,y}}$$

**Ecuación 4.3**

$$EF_{grid,OM-DD,y} = \sum_h EF_{EL,DD,h}$$

Dado la disponibilidad de la información, el factor de emisión horario de CO<sub>2</sub> para las unidades de generación en el tope del despacho en la hora  $h$  del año y (tCO<sub>2</sub>/MWh), se calcula como se muestra en la Ecuación 4.4.

**Ecuación 4.4**

$$EF_{EL,DD,h} = \frac{\sum_n EG_{n,h} \cdot EF_{EL,n,y}}{\sum_n EG_{n,h}}$$

Donde:

$EF_{EL,DD,h}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> para las unidades de generación en el tope del despacho en la hora  $h$  del año y (tCO<sub>2</sub>/MWh).

$EG_{n,h}$ : Energía eléctrica generada y entregada a la red por la unidad  $n$  en la hora  $h$  (MWh).

$EF_{EL,n,y}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> de la unidad de generación  $n$  en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/MWh).

$n$ : Unidad de generación en el tope del despacho.

$h$ : Horas en el año  $y$  en el que la actividad del proyecto está desplazando la electricidad en la red.

Para la determinación del conjunto  $n$  de plantas de generación, se tomó aquellas que representaban el 10% del total de generación de esa hora y que hacían parte del tope del despacho.

#### 4.4 IDENTIFICACIÓN DEL CONJUNTO DE UNIDADES DE GENERACIÓN DEL MARGEN DE CONSTRUCCIÓN

La muestra de las plantas de generación  $m$  usadas para calcular el margen de construcción puede determinarse por:

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

- El conjunto de cinco plantas de generación que han sido construidas recientemente, o
- El conjunto de las adiciones de capacidad en el sistema eléctrico que comprende el 20% de la generación (en MWh) y que han sido construidas recientemente<sup>14</sup>.

Se debe escoger de las dos opciones, la que corresponda a la mayor generación anual en el sistema eléctrico.

### 4.4.1 Consideraciones

Las siguientes fueron las consideraciones que se tuvieron en cuenta para determinar el factor de emisión del margen de construcción:

- Se considera que una unidad de generación ha sido construida el día en que inicia su suministro de energía a la red.
- Las plantas registradas como actividades de proyecto CDM se excluyeron de la muestra *m*.
- Para la planta de cogeneración COLTEJER se considera como factor de consumo (MBTU/MWh) el promedio de todos los factores de consumo de las restantes plantas de generación a carbón.
- Se considera un factor de emisión para los ingenios de 286 tCO<sub>2</sub>/GWh<sup>15</sup>.
- Para la planta de generación BIOAISE se considera el mismo factor de emisión (dado en kg de CO<sub>2</sub>/TJ) de la planta de generación CENTRAL CARTAGENA y un factor de consumo de 13.98 MBTU/MWh.

### 4.5 CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DEL MARGEN DE CONSTRUCCIÓN

El factor de emisión del margen de construcción se calcula como se muestra en la Ecuación 4.5.

Ecuación 4.5

$$EF_{grid, BM, y} = \frac{\sum_m EG_{m, y} \cdot EF_{EL, m, y}}{\sum_m EG_{m, y}}$$

Donde:

$EF_{grid, BM, y}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del margen de construcción para el año *y* (tCO<sub>2</sub>/MWh).

<sup>14</sup> Si el 20% cae sobre parte de la capacidad de una unidad, esa unidad es incluida completa en el cálculo.

<sup>15</sup> Tomado de [www.minambiente.gov.co/documentos/resumen\\_noviembre17.doc](http://www.minambiente.gov.co/documentos/resumen_noviembre17.doc). Consulta realizada el día 9 de agosto de 2009.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

- $EG_{m,y}$ : Energía eléctrica generada y suministrada a la red por la planta de generación  $m$  en el año  $y$  (MWh)
- $EF_{EL,m,y}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> para la unidad de generación  $m$  en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/MWh).
- $m$ : Unidades de generación incluidas en el margen de construcción.
- $y$ : Año histórico más reciente en que se tiene información de generación disponible.

### 4.6 CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DEL MARGEN COMBINADO

El factor de emisión del margen combinado es calculado como se muestra en la Ecuación 4.6.

Ecuación 4.6

$$EF_{grid,CM,y} = EF_{grid,OM,y} \cdot w_{OM} + EF_{grid,BM,y} \cdot w_{BM}$$

Donde:

- $EF_{grid,CM,y}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del margen combinado para el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/MWh).
- $EF_{grid,OM,y}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del margen de operación para el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/MWh).
- $EF_{grid,BM,y}$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del margen de construcción para el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/MWh).
- $w_{OM}$ : Peso del factor de emisión del margen de operación (%).
- $w_{BM}$ : Peso del factor de emisión del margen de construcción (%).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN MARGEN DE OPERACIÓN

#### 5.1.1 Preámbulo

A partir de la información de precios ofertados y la generación de energía eléctrica de las plantas de generación que operaron en el 2008, se determinó el despacho por orden de mérito de acuerdo con su precio ofertado. Posteriormente se seleccionó la muestra de plantas de generación que correspondían con el 10% de la generación total del SIN de cada hora y día y que hacían parte del tope del despacho, para luego determinar el factor de emisión aplicando las fórmulas dadas en la Sección 4.3.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

### 5.1.2 Resultados

Aplicando la Ecuación 4.3 y lo estipulado en el documento de referencia, el factor de emisión calculado para el margen de operación es 0.3323 kg de CO<sub>2</sub>/kWh.

### 5.2 CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DEL MARGEN DE CONSTRUCCIÓN

#### 5.2.1 Preámbulo

Se realiza un análisis de la generación de las cinco plantas de generación más recientes en el SIN para verificar si dicha generación es inferior al 20% del total de generación del año 2008. Si este porcentaje es menor que 20%, se determinará la muestra de plantas de generación que corresponda al 20% de la generación del sistema, según lo estipula el *documento de referencia*.

#### 5.2.2 Determinación de la Muestra

Para determinar la muestra de las plantas de generación que permitirán calcular el factor de emisión del margen de construcción, en la Tabla 5.1 se muestra el análisis de las cinco plantas más recientes sin tener en cuenta las plantas que son proyectos CDM y aquellas plantas cuya fecha de entrada sea posterior al 31 de diciembre de 2008.

Tabla 5.1. Análisis 5 Plantas Más Recientes

CENTRAL	FECHA DE ENTRADA COMERCIAL	GENERACION REAL (kWh)	%	% ACUM
TERMOGUAJIRA 1	09/10/2007	168.637.900,00	0,31%	0,31%
TERMOGUAJIRA 2	03/10/2007	160.650.360,00	0,30%	0,61%
PLANTA MENOR REMEDIOS	19/08/2007	2.976.427,00	0,01%	0,62%
CIMARRON	19/08/2007	70.934.915,92	0,13%	0,75%
MORRO 2	19/08/2007	91.611.516,61	0,17%	0,92%

Se observa que las cinco plantas de generación analizadas solo representan el 0.92% del total de la generación, por lo tanto se realizará el análisis de aquellas plantas que comprenden el 20% de la generación, tal y como se recomienda en el documento de referencia.

La Tabla 5.2 muestra el análisis del 20% de la generación del año 2008 ordenando las plantas de generación de acuerdo con la fecha de entrada comercial. Con esta muestra se determinó el factor de emisión del margen de construcción teniendo en cuenta la Ecuación 4.5.



## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

Tabla 5.2. Análisis 20% de la Generación Anual

CENTRAL	FECHA DE ENTRADA COMERCIAL	GENERACION REAL (kWh)	%	% ACUM
MORRO 2	19/08/2007	91.611.516,61	0,17%	0,17%
PLANTA MENOR REMEDIOS	19/08/2007	2.976.427,00	0,01%	0,18%
CIMARRON	19/08/2007	70.934.915,92	0,13%	0,31%
PLANTA MENOR AMALFI	05/08/2007	4.811.176,00	0,01%	0,32%
PLANTA MENOR URRAO	30/07/2007	5.921.192,00	0,01%	0,33%
MORRO 1	23/05/2007	172.323.361,70	0,32%	0,65%
PLANTA MENOR SAN JOSE DE LA MONTADA	30/01/2007	2.747.282,00	0,01%	0,65%
COGENERACION COLTEJER	01/09/2006	1.442,00	0,00%	0,65%
CALDERAS GENERADOR	30/06/2006	98.355.386,38	0,18%	0,83%
DOLORES GENERADOR	01/03/2006	46.641.698,00	0,09%	0,92%
FLORIDA 2 GENERADOR	23/12/2005	94.955.100,00	0,18%	1,10%
TERMOYOPAL UNIDAD 1	11/03/2005	58.715.768,05	0,11%	1,21%
PLANTA MENOR LA JUNCA	01/01/2005	133.776.903,00	0,25%	1,45%
PLANTA MENOR MIROLINDO	01/11/2004	18.025.896,00	0,03%	1,49%
MINICENTRAL CEMENTOS DEL NARE	01/09/2004	38.612.439,00	0,07%	1,56%
MERILECTRICA 1	16/08/2004	25.353.180,00	0,05%	1,61%
COGENERADOR CENTRAL CASTILLA	15/08/2004	3.167.917,56	0,01%	1,61%
COGENERADOR INGENIO RIOPAILA	08/08/2004	4.358.090,00	0,01%	1,62%
TERMOYOPAL UNIDAD 2	29/07/2004	156.190.133,55	0,29%	1,91%
OVEJAS GENERADOR	01/06/2004	5.002.705,00	0,01%	1,92%
PLANTA MENOR TEQUENDAMA	10/04/2004	127.810.585,00	0,24%	2,15%
VENTANA GENERADOR 1	01/02/2004	16.270.814,00	0,03%	2,18%
VENTANA GENERADOR 2	01/02/2004	9.815.810,00	0,02%	2,20%
PLANTA MENOR EL LIMONAR	06/12/2003	103.168.942,00	0,19%	2,39%
PLANTA MENOR LA TINTA	06/12/2003	95.251.148,00	0,18%	2,57%
PLANTA MENOR SAN JOSE	16/11/2003	2.221.703,63	0,00%	2,58%
PLANTA MENOR CHARQUITO	22/08/2003	95.099.389,00	0,18%	2,75%
COGENERADOR INGENIO RISARALDA	15/08/2003	7.558.551,00	0,01%	2,77%
CENTRAL HIDROELECTRICA MIEL I	01/12/2002	1.599.667.200,00	2,97%	5,73%
SONSON GENERADOR	01/06/2002	58.850.478,00	0,11%	5,84%
CHIVOR GENERADOR	03/05/2002	939.692.804,58	1,74%	7,58%
CENTRAL TUMACO - COGENERACION	01/03/2002	324.113,00	0,00%	7,58%
PUENTE GUILLERMO GENERADOR	01/09/2001	7.201.189,29	0,01%	7,60%
PORCE 2 GENERADOR	29/06/2001	2.191.313.455,00	4,06%	11,66%

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

CENTRAL	FECHA DE ENTRADA COMERCIAL	GENERACION REAL (kWh)	%	% ACUM
T SIERRA1 GENERADOR	27/01/2001	234.543.400,00	0,43%	12,09%
CHIVOR GENERADOR	05/01/2001	469.846.402,29	0,87%	12,96%
CHIVOR GENERADOR	04/01/2001	469.846.402,29	0,87%	13,84%
TERMOCENTRO -1	30/11/2000	31.269.998,00	0,06%	13,89%
TERMOCANDELARIA 2 GENERACION	13/07/2000	3.526.000,00	0,01%	13,90%
URRA	16/06/2000	338.999.625,00	0,63%	14,53%
TERMOCANDELARIA 1 GENERACION	03/06/2000	6.127.000,00	0,01%	14,54%
URRA	13/05/2000	338.999.625,00	0,63%	15,17%
URRA	01/04/2000	338.999.625,00	0,63%	15,80%
RIO PIEDRAS GENERADOR	31/03/2000	173.294.824,80	0,32%	16,12%
URRA	14/02/2000	338.999.625,00	0,63%	16,75%
TERMOPIEDRAS 1 GENERA	01/01/2000	5.043,49	0,00%	16,75%
COGENERADOR PROENCA	01/01/2000	5.106.049,00	0,01%	16,76%
COGEN. INGENIO PROVIDENCIA	01/01/2000	1.705.372,03	0,00%	16,76%
COGENERADOR BIOAISE	01/01/2000	3.534.226,00	0,01%	16,77%
COGENERADOR INCAUCA	01/01/2000	25.997.957,97	0,05%	16,81%
TERMOEMCALI 1	16/07/1999	7.949.221,73	0,01%	16,83%
PAIPA 4	08/01/1999	760.638.824,55	1,41%	18,24%
RIOFRIO I GENERADOR	01/01/1999	9.786.812,37	0,02%	18,26%
RIOFRIO II GENERADOR	01/01/1999	64.178.074,50	0,12%	18,38%
RUMOR GENERADOR	01/01/1999	16.548.171,23	0,03%	18,41%
TERMOVALLE 1	17/12/1998	56.623.222,25	0,10%	18,51%
TEBSA TOTAL	20/10/1998	3.423.638.906,90	6,35%	24,86%

### 5.2.3 Resultados

Aplicando la Ecuación 4.5 y lo estipulado en el documento de referencia, el factor de emisión calculado para el margen de construcción es 0.2375 kg de CO<sub>2</sub>/kWh.

### 5.3 CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DEL MARGEN COMBINADO

Para determinar el factor de emisión del margen combinado se tiene en cuenta la Ecuación 4.6.

El valor de los pesos  $w_{OM}$  y  $w_{BM}$  es de 50% como lo recomienda el documento de referencia. Por lo anterior, se calcula el factor de emisión del margen combinado teniendo en cuenta los valores mostrados en la sección 5.1.2 y 5.2.3.

El valor obtenido del margen combinado es de 0.2849 kg de CO<sub>2</sub>/kWh.



---

## 6 CONCLUSIONES

El valor obtenido para el factor de emisión del margen de operación es de 0.3323 kg de CO<sub>2</sub>/kWh y el valor del factor de emisión del margen de construcción es de 0.2375 kg de CO<sub>2</sub>/kWh. El factor de emisión del margen combinado es 0.2849 kg de CO<sub>2</sub>/kWh.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

### 7 ANEXO 1. FACTORES DE EMISIÓN (F.E.) POR PLANTA DE GENERACIÓN

Los siguientes fueron los factores de emisión<sup>16</sup> (kg de CO<sub>2</sub>/kWh) utilizados para la determinación del factor de emisión del SIN:

CENTRAL	F.E.
CENTRAL CARTAGENA 1	0,6896
CENTRAL CARTAGENA 2	0,6896
CENTRAL CARTAGENA 3	0,6726
CENTRAL TUMACO - COGENERACION	0,2860
CIMARRON	0,8077
COGEN. INGENIO PROVIDENCIA	0,2860
COGENERACION COLTEJER	1,0276
COGENERADOR BIOAISE	0,8163
COGENERADOR CENTRAL CASTILLA	0,2860
COGENERADOR INCAUCA	0,2860
COGENERADOR INGENIO RIOPAILA	0,2860
COGENERADOR INGENIO RISARALDA	0,2860
COGENERADOR PROENCA	0,2860
MERILECTRICA 1	0,5629
MORRO 1	0,8884
MORRO 2	0,8884
PAIPA 2	1,1890
PAIPA 3	1,1938
PAIPA 4	0,9000
PALENQUE 3	0,8361
PROELECTRICA 1 GEN.	0,4769
PROELECTRICA 2 GEN.	0,4769
T SIERRA1 GENERADOR	0,3719
TASAJER 1 GENERADOR	0,9147
TEBSA TOTAL	0,4554
TERMO FLORES 2	0,5839
TERMO FLORES 3	0,5605
TERMOBQLLA 3 GENERA.	0,5664
TERMOBQLLA 4 GENERA.	0,5821
TERMOCANDELARIA 1 GENERACION	0,5576
TERMOCANDELARIA 2 GENERACION	0,5652
TERMOCENTRO -1	0,4505

<sup>16</sup> Para las restantes plantas de generación el factor de emisión considerado es 0 kg de CO<sub>2</sub>/kWh.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

CENTRAL	F.E.
TERMODORADA1	0,5669
TERMOEMCALI 1	0,4111
TERMOFLORES GENERA.	0,4554
TERMOGUAJIRA 1	1,1590
TERMOGUAJIRA 2	1,3222
TERMOPIEDRAS 1 GENERA	0,8634
TERMOYOPAL UNIDAD 1	0,8884
TERMOYOPAL UNIDAD 2	0,8077
ZIPA BOGOTA 2 GEN.	1,2282
ZIPA BOGOTA 3 GEN.	0,9240
ZIPA ISA 4 GENERADOR	0,8672
ZIPA ISA 5 GENERADOR	0,8355

## 8 REVISIONES

### 8.1 VERSIÓN 2009.1

Revisión interna en la Unidad de Planeación Minero Energética

#### *Modificación 1*

Se modificaron los valores de los factores de emisión de las siguientes plantas de generación:

CENTRAL
COGEN. INGENIO PROVIDENCIA
COGENERADOR BIOAISE
COGENERADOR INCAUCA
COGENERADOR PROENCA

Los valores de los factores de emisión de estas plantas fueron establecidos en 0 kg de CO<sub>2</sub>/kWh en la versión 0 de este documento, que evidentemente es un error ya que se trata de plantas de generación que usan combustibles que producen gases de efecto invernadero.

Para esta versión, los factores de emisión se establecieron en 0.286 kg de CO<sub>2</sub>/kWh para el caso de los cogeneradores PROVIDENCIA, INCAUCA y PROENCA (se usa el mismo factor de emisión para todos los ingenios). Para el caso de la planta de cogeneración BIOAISE, se estableció el mismo factor de emisión (dado en kg de CO<sub>2</sub>/TJ) de la planta de generación TERMOCARTAGENA y el factor de consumo en 13.98 MBTU/MWh.

En consecuencia, se modifica el valor del factor de emisión del margen de construcción de 0.212 kg de CO<sub>2</sub>/kWh por el valor de 0.2129 kg de CO<sub>2</sub>/kWh.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

### *Modificación 2*

La tabla que hace parte del ANEXO 1. FACTORES DE EMISIÓN (F.E.) POR PLANTA DE GENERACIÓN, se modificó y solo se muestra las plantas de generación cuyo factor de emisión es mayor que cero. Se realiza una anotación en la que se aclara que para las restantes plantas de generación el factor de emisión es 0 kg de CO<sub>2</sub>/kWh.

### *Modificación 3*

Se realizaron cambios de redacción en el documento, dentro de los cuales está el título el cual se modificó a “CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO COLOMBIANO”.

### *Modificación 4*

Se realizaron ajustes en el alcance del documento para aclarar su delimitación.

### *Modificación 5*

Se incluyeron más definiciones en la sección 2.

### *Modificación 6*

Se incluyó una sección denominada PRELIMINARES, donde se muestra la metodología general que se tuvo en cuenta para determinar el factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional de Colombia.

### *Modificación 7*

Se incluyó en la sección 4.2.1 un resumen de las alternativas disponibles para determinar el margen de operación.

### *Modificación 8*

Se incluyó una breve justificación de la metodología seleccionada para determinar el margen de operación, mostrando la definición de cada una de las metodologías para determinar el factor de emisión de este margen y las razones de su inconveniencia para utilizarla en este cálculo.

### *Modificación 9*

Se omitió el Anexo 2 “Manual del Aplicativo” para este documento, ya que se creó un manual denominado “Cálculo del Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Eléctrico Interconectado Colombiano. Manual Para El Uso del Aplicativo”, el cual incluye la

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

metodología para calcular este factor haciendo uso de las herramientas computacionales diseñadas para ello.

### *Modificación 10*

Se consideró el cambio de combustible de las centrales TERMOGUAJIRA como la incorporación de una nueva central al SIN y en consecuencia se modifica la fecha de entrada comercial.

### **8.2 VERSIÓN 2009.2**

Sometimiento a comentarios y sugerencias de las empresas y agentes del sector.

Los siguientes fueron las inquietudes y sugerencias de las empresas y agentes del sector:

*JUAN CARLOS CAYCEDO G.*<sup>17</sup>

- En Junio de 2007 la UPME otorgó a CAEMA una carta de validación del factor de emisiones del proyecto FEDEPALMA. Para mi sorpresa, el valor que soportó la UPME para el proyecto de FEDEPALMA (0,2766tCO<sub>2</sub>/MWh) en aquella época y el que hoy Ud. presentó (0,2717tCO<sub>2</sub>/MWh) es similar.

### *Respuesta:*

La UPME no valida el factor de emisión de proyectos de generación de energía eléctrica. La carta a la que usted se refiere es un comunicado con radicado UPME 20071500129561, del día 15 de agosto de 2007, en el que la UPME emite concepto en el sentido que la metodología usada por FEDEPALMA es recomendada por la UNFCCC<sup>18</sup>.

- Basados en esta experiencia, entendemos que existe un buen número de supuestos que hay que hacer en el camino de determinar el factor de emisiones para un proyecto. Para proyectos de gran escala (entendidos desde el punto de vista de UNFCCC, es decir, mayores de 15MWe de capacidad instalada) la variable clave que determina el factor de emisiones para el proyecto es la proyección de electricidad a producirse y despacharse a la red por la actividad de proyecto en un año, medida en MWh/año. Bajo este criterio, el despacho es fundamental porque la generadora de electricidad solo podrá evitar emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por plantas térmicas si son despachadas las dos plantas en la misma hora. Debido a la prioridad despacho basada en los precios ofertados de

---

<sup>17</sup> Juan Carlos Caycedo G. Director de Servicios MDL. Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente – CAEMA.

<sup>18</sup> Siglas de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

electricidad esto es improbable. Por lo tanto, plantas de generación con capacidad instalada mayor a 15MWe (20MWe si se entiende desde el concepto de plantas menores utilizado por el CND) tendrán un factor de emisiones calculado de acuerdo a los parámetros por Ud. expuestos hoy. Sin embargo, plantas de generación con capacidad instalada menor a 15MWe tienen prioridad de despacho en el SIN. Estas plantas tienen la oportunidad de producir y enviar electricidad al SIN en cualquier hora del día. De hecho lo hacen, negocian los precios de venta basados en el despacho en horas pico. Esta característica debe ser evaluada de una manera diferente a la de las plantas con generación mayor a 20MWe. Bajo este contexto, debe haber un factor de emisiones diferente para plantas de generación que apliquen a proyectos MDL de pequeña escala (capacidad instalada menor a 15MWe). En el pasado, se reconoce este efecto y, por lo tanto, se establece que el valor del factor de emisiones para proyectos de pequeña escala es de 0,4308tCO<sub>2</sub>/MWh mientras el promedio del factor de emisiones de proyectos mayores (como ejemplo el de FEDEPALMA arriba mencionado) es cercano a 0,30tCO<sub>2</sub>/MWh. Si se quiere dar un incentivo a la generación de pequeña escala (ejemplo, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas - PCHs- a filo de agua) el factor de emisiones es clave para promover ingresos para esta actividad. En consecuencia, sugerimos que la UPME determine dos factores de emisiones: uno para proyectos de gran escala (mayores a 15MWe) y uno para proyectos de pequeña escala (menores de 15MWe)

### *Respuesta:*

De acuerdo con la herramienta “Tool To Calculate The Emission Factor For An Electricity System” versión 1.1., el factor de emisión de CO<sub>2</sub> calculado aplica para cualquier planta de generación de energía eléctrica, sin distinción de capacidad neta de generación.

En la página 12 de la herramienta se define que el grupo de las unidades de generación  $n$  que hacen parte del margen del despacho corresponde a las unidades en el tope  $x\%$  del total de energía desplazada en la hora  $h$ , donde  $x\%$  es igual al mayor valor obtenido de las siguientes opciones:

- 10%; o
- La cantidad de energía eléctrica desplazada por el proyecto durante la hora  $h$  dividido por el total de generación de electricidad para esa hora  $h$ .

Para este cálculo se determinó el margen de operación teniendo en cuenta la mínima restricción, es decir, 10% de la participación, la cual correspondería a una planta de 385.22MW que es un límite que abarca la mayoría de las plantas interesadas en el MDL en el corto plazo.



## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

La Unidad de Planeación Minero Energética estudiará y presentará para la próxima versión de este documento, un análisis teniendo en cuenta una eventual participación mayor al 10% de las centrales de generación que optarían por el MDL.

*SANDRA GARAVITO ROJAS<sup>19</sup>*

- En la página 18 dice que el margen de operación es 0.23. Creo es un error de digitación

*Respuesta:*

Se revisó la página 18 de este documento y se encontró efectivamente un error de digitación. En consecuencia se modifica la expresión “factor de emisión calculado para el margen de operación” por la expresión “factor de emisión calculado para el margen de construcción”.

*SERGIO ORTEGA RESTREPO<sup>20</sup>*

- Quisiera saber si este documento es solo para los proyectos en gran escala o si este será el que se aplicara a todo tipo de proyectos (Fast Track – Pequeña escala y Gran escala)

*Respuesta:*

De acuerdo con la herramienta “Tool To Calculate The Emission Factor For An Electricity System” versión 1.1., el factor de emisión de CO<sub>2</sub> calculado aplica para cualquier planta de generación de energía eléctrica, sin distinción de capacidad neta de generación.

En la página 12 de la herramienta se define que el grupo de las unidades de generación  $n$  que hacen parte del margen del despacho corresponde a las unidades en el tope  $x\%$  del total de energía desplazada en la hora  $h$ , donde  $x\%$  es igual al mayor valor obtenido de las siguientes opciones:

- 10%; o
- La cantidad de energía eléctrica desplazada por el proyecto durante la hora  $h$  dividido por el total de generación de electricidad para esa hora  $h$ .

Para este cálculo se determinó el margen de operación teniendo en cuenta la mínima restricción, es decir, 10% de la participación, la cual correspondería a una planta de

---

<sup>19</sup> Sandra Garavito Rojas. Asesora Grupo de Mitigación del Cambio Climático. MAVDT

<sup>20</sup> Sergio Ortega Restrepo. Gerente de Proyectos. Generadora Unión S.A.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

385.22MW que es un límite que abarca la mayoría de las plantas interesadas en el MDL en el corto plazo.

La Unidad de Planeación Minero Energética estudiará y presentará para la próxima versión de este documento, un análisis teniendo en cuenta una eventual participación mayor al 10% de las centrales de generación que optarían por el MDL.

*JUAN ANDRÉS LÓPEZ<sup>21</sup>*

- Veo q el documento no explica al detalle los pasos para realizar los cálculos. ¿No es posible q publiquen la hoja de cálculo?

*Respuesta:*

No es posible publicar la hoja de cálculo debido al formato que se manejó para realizar los cálculos, este formato corresponde a Access y no a Excel. El archivo Access además de ser muy extenso, contiene información de precios de oferta y combustibles usados por los diferentes agentes, lo cual es información confidencial.

- He revisado el documento, y el texto me parece muy claro. Sin embargo, en los números tenemos discrepancias grandes con relación al factor de construcción. El de operación lo tenemos muy cerca, pero en el de construcción nos da mucho menos. ¿Es posible conocer las tablas de cálculo, por lo menos para el factor de construcción?

*Respuesta:*

No es posible publicar la hoja de cálculo debido al formato que se manejó para realizar los cálculos, este formato corresponde a Access y no a Excel. El archivo Access además de ser muy extenso, contiene información de precios de oferta y combustibles usados por los diferentes agentes, lo cual es información confidencial. En el documento borrador del cálculo del factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional, se muestran las plantas de la muestra para calcular el factor de emisión del margen de construcción, incluyendo el factor de emisión por planta.

- Además de la generación se requieren los factores de emisión por planta (que resultan de los factores de eficiencia por planta). Del documento difícilmente se puede inferir el cálculo, a lo mejor convendría agregar un par de tablas mas al documento, mostrando la eficiencia, y los factores de emisión IPCC o FECOC. Anexo el cálculo que hice sobre los datos disponibles en XM. Espero sirva para discutirlo, y lo mantenga en estricta confidencialidad.

---

<sup>21</sup> Juan Andrés López. Optim Consult.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

*Respuesta:*

En el documento borrador del cálculo del factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional, se muestran las plantas de la muestra para calcular el factor de emisión del margen de construcción, incluyendo el factor de emisión por planta.

La información de eficiencia de las plantas de generación se puede descargar de la página WEB de XM.

*MIGUEL CORTÉS<sup>22</sup>*

- Me parece muy útil un documento público, con el respaldo de UPME y del MAVDT, ya que su determinación presenta una alta dificultad debido a la disponibilidad adecuada de los datos, su representatividad y en especial la justificación ante las entidades operacionales en los procesos de validación y verificación. Sin embargo creo que el documento podría ser más útil si se ampliara su alcance. En especial para que los proyectos que tienen que calcular el factor de emisión de la red por razones metodológicas y de tal forma lo puedan utilizar de manera directa. Esto ayudaría mucho al fomento de nuevas iniciativas y menores costos de transacción. Es decir, limitar el factor de emisión solo a proyectos que se limitan al desplazamiento de la energía de la red me parece que no es conveniente. Queremos llamar la atención muy especialmente que actualmente la herramienta del cálculo del factor de emisión del MDL deja la posibilidad de utilizar varias alternativas y no obliga a utilizar procedimientos específicos, ni mucho menos a ser más conservadores. Esto porque consideramos que afirmar que el método del despacho del margen de operación (“OM ajustado”) es el que representa la mayor precisión en el cálculo del factor de emisión (Ver numeral 4.2.2 del documento), puede tener unas consecuencias graves tanto a los proyectos futuros como para los proyectos ya validados o en proceso de validación. Pensamos que muy por el contrario de enfocar la atención al método de despacho, se debería procurar de suministrar la información respectiva para que se pudiera calcular con la mayor precisión el “OM simple ajustado”, o el “OM promedio” de acuerdo a la conveniencia de cada proyecto. Aprovecho para llamar la atención sobre lo que se discute mucho y es de las condiciones injustas que tiene países como Colombia por su factor de emisión, en donde no hay el menor incentivo para proyectos de generación eléctrica renovable. Actualmente no hay forma de cómo hacer que el Meth Panel o el EB puedan considerar una posición particular o más flexible en las condiciones de desplazamiento de la red. En Colombia se podría demostrar que

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

una térmica desplaza la entrada de otra térmica y por lo tanto la línea base podría ser otra cosa diferente, solo como para mencionar algún aspecto puntual. Por lo tanto, creemos que sería más útil de ofrecer una base de datos consistente, transparente y de dominio público para calcular cualquier opción del factor de emisión. Esto sería muy útil también en el caso del cálculo del margen de despacho, ya que este no se puede determinar de manera absoluta.

### *Respuesta:*

Se modificó el texto de la sección 4.2.2, suprimiendo la frase “con el objetivo que el factor de emisión calculado represente con mayor precisión las emisiones de la energía desplazada por proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio en el Sistema Interconectado Nacional”, y resaltando que la selección del método responde a las características de nuestro sistema y a la disponibilidad de información para la UPME. Esto no limita el cálculo que de manera independiente realice los desarrolladores de proyectos.

### *ELGA SARA VIA LOW<sup>23</sup>*

- La metodología presentada, realiza el cálculo del factor de emisiones del sector eléctrico a partir del 1º de enero hasta el 31 de diciembre del año correspondiente. Sin embargo, para el PDD de los proyectos que aspiran a comercializar reducciones de CO2 a través del MDL, se hace el cálculo a partir de la fecha de entrada del proyecto, el cual puede ser cualquier mes del año. Sugerimos que se permita el acceso a la información para poder hacer el cálculo partiendo de diferentes meses del año o que se determine el factor para analizar otros meses del año.

### *Respuesta:*

Para el cálculo y publicación del factor de emisión correspondiente al año 2008, se realizará siguiendo las directrices dadas a la Unidad de Planeación Minero Energética por parte del Ministerio de Minas y Energía, en el sentido de realizar la publicación anual. Sin embargo y entendiendo esta problemática, se evaluará en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía, opciones para responder a la periodicidad sugerida.

- La resolución CREG 006 de 2009 genera una restricción de información con respecto al orden de despacho de las plantas del Sistema Interconectado Nacional y el precio al cual estas están presentando sus ofertas. Esto genera una barrera a los desarrolladores del proyecto, dado que no es posible determinar cuáles serían las tecnologías desplazadas cuando ingresen los proyectos MDL.

---

<sup>23</sup> Elga Saravia Low. Endesa.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

Este tema debería ser llevado a la CREG de manera que se pueda tener acceso a la información para que el país pueda participar con proyectos MDL en el sector de energía con un factor de emisiones calculado de forma más precisa. El impacto de esta restricción de información es que, aunque el cálculo se puede hacer con otro método de supuestos más gruesos de aproximación que resultan en un factor de emisión más bajo, limitando las posibilidades de reducción.

*Respuesta:*

Se tratará con la Comisión de Regulación de Energía y Gas, que se permita el uso por parte de la UPME de la información actualizada tendiente a calcular el factor de emisión del SIN, manteniendo ésta la confidencialidad para el resto de actores del mercado de energía eléctrica. La UPME no se puede comprometer a solicitar a la CREG, el permiso de acceso a esta información a cada uno de los proponentes de proyectos MDL. Con esto se intentará garantizar que la UPME realice el cálculo del factor de emisión oportunamente.

- Se sugiere incluir referencia a las resoluciones del MAVDT 550 y 551 sobre proyectos MDL.

*Respuesta:*

Las resoluciones citadas corresponden al proceso de aprobación nacional de los proyectos que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio. En el proceso de aprobación nacional de un proyecto se está evaluando su contribución al desarrollo sostenible y en ningún momento se está validando algún cálculo de reducción de emisiones, solamente se sugiere al proponente realizar los ajustes que considere necesario la DNA y que facilitarían cualquier proceso de validación. En este sentido no consideramos conveniente limitar el factor de emisión al cálculo realizado por la UPME y dejar abierta la posibilidad a cálculos propios de los proponentes.

- Definir en una sola Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL, y que en la definición se haga la explicación del nombre en inglés CDM y Clean Development Mechanism (está en 3 lugares diferentes y es más conveniente para quien lee el documento que estén en el mismo literal) ya que todos tienen la misma definición.
- Definir en el mismo literal Tope de despacho o Margen de despacho ya que se toma como una sola definición, se sugiere dejar en primer lugar el término que será utilizado en el documento.
- Aclarar que el margen combinado es la suma del margen de construcción y el margen de operación.
- Se solicita modificar TERMOCARTAGENA por Central Cartagena.



*Respuesta:*

Se realizaron los cambios solicitados.

*CARLOS ANDRÉS PÉREZ<sup>24</sup>*

- Las definiciones del margen de construcción y de operación son confusas, se podrían redefinir como se encuentran descritas en la presentación de la UPME que se anexa.

*Respuesta:*

Para el caso del margen de operación, la definición dada en la versión 1.1 de la metodología, no corresponde a la definición de la presentación. Para el cálculo del margen de operación, por el método de despacho, se tienen en cuenta todas las centrales de acuerdo con lo estipulado en la herramienta.

Para el caso del margen de construcción, se considera que la definición dada en la presentación se refiere a la forma cómo se determina este margen y no a lo que representa. Sin embargo, se modifica la definición para aclararla y en consecuencia se define el margen de construcción como “las unidades de generación recientes que se afectan por la actividad del proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio”.

- El documento podría incluir la explicación sobre cómo se aplican estos factores para proyectos de pequeña y gran escala (<15 y > 15 MW).

*Respuesta:*

De acuerdo con la herramienta “Tool To Calculate The Emission Factor For An Electricity System” versión 1.1., el factor de emisión de CO<sub>2</sub> calculado aplica para cualquier planta de generación de energía eléctrica, sin distinción de capacidad neta de generación.

En la página 12 de la herramienta se define que el grupo de las unidades de generación  $n$  que hacen parte del margen del despacho corresponde a las unidades en el tope  $x\%$  del total de energía desplazada en la hora  $h$ , donde  $x\%$  es igual al mayor valor obtenido de las siguientes opciones:

- 10%; o
- La cantidad de energía eléctrica desplazada por el proyecto durante la hora  $h$  dividido por el total de generación de electricidad para esa hora  $h$ .

---

<sup>24</sup> Carlos Andrés Pérez. Desarrollo de proyectos. ISAGEN.

## UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

---

Para este cálculo se determinó el margen de operación teniendo en cuenta la mínima restricción, es decir, 10% de la participación, la cual correspondería a una planta de 385.22MW que es un límite que abarca la mayoría de las plantas interesadas en el MDL en el corto plazo.

La Unidad de Planeación Minero Energética estudiará y presentará para la próxima versión de este documento, un análisis teniendo en cuenta una eventual participación mayor al 10% de las centrales de generación que optarían por el MDL.

- El documento podría incluir los valores reales de emisión de las plantas de generación de Coltejer, Ingenios Azucareros, Bioaise, etc, considerando que el MAVDT o las CAR tendrían esta información en los permisos de emisión de sus fuentes, que tramitan todas las empresas periódicamente.

### *Respuesta:*

La aproximación usada para este cálculo está basada en un estudio realizado por el PNUD, ASOCAÑA, Ministerio de Minas y Energía y la UPME, el cual consideró los diferentes energéticos usados por los ingenios y determinó finalmente un promedio de emisión de CO<sub>2</sub> de 286 tCO<sub>2</sub>/GWh.

### **8.3 VERSIÓN 2009.3**

Se recibieron comentarios y sugerencias del Ministerio de Minas y Energía.

Se realizó cambio en el numeral 5.1.2 (Resultados) y en consecuencia se cambió la redacción “...se aplicó la ecuación 4.5...” y se corrigió por “...se aplicó la ecuación 4.3...”, ya que se hacía referencia la ecuación para obtener el margen de construcción y no a la ecuación para obtener el margen de operación.