



Ministerio de Minas y Energía

**COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS**

**RESOLUCIÓN No. 243 DE 2016**

( 19 DIC. 2016 )

Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

**LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS**

En ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales, en especial las conferidas por las leyes 142 y 143 de 1994, y en desarrollo de los decretos 1524 y 2253 de 1994, y 1260 de 2013, y

**CONSIDERANDO QUE:**

Según la Ley 143 de 1994, artículo 4, el Estado, en relación con el servicio de electricidad, tendrá como objetivos en el cumplimiento de sus funciones, los de abastecer la demanda de electricidad de la comunidad bajo criterios económicos y de viabilidad financiera, asegurando su cubrimiento en un marco de uso racional y eficiente de los diferentes recursos energéticos del país; asegurar una operación eficiente, segura y confiable en las actividades del sector; y mantener los niveles de calidad y seguridad establecidos.

La Ley 143 de 1994, artículo 20, definió como objetivo fundamental de la Regulación en el sector eléctrico, asegurar una adecuada prestación del servicio mediante el aprovechamiento eficiente de los diferentes recursos energéticos, en beneficio del usuario en términos de calidad, oportunidad y costo del servicio.

Para el cumplimiento del objetivo señalado, la Ley 143 de 1994, artículo 23, le atribuyó a la Comisión de Regulación de Energía y Gas, entre otras, las siguientes funciones:

- Crear las condiciones para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente capaz de abastecer la demanda bajo criterios sociales, económicos, ambientales y de viabilidad financiera, promover y preservar la competencia, para lo cual, la oferta eficiente, en el sector eléctrico, debe tener en cuenta la capacidad de generación de respaldo;
- Valorar la capacidad de generación de respaldo de la oferta eficiente;
- Definir y hacer operativos los criterios técnicos de calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de energía;

*Handwritten initials/signature*

*Handwritten initials/signature*

Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

- Establecer el Reglamento de Operación para realizar el planeamiento y la coordinación de la operación del Sistema Interconectado Nacional; y

Según la Ley 142 de 1994, artículo 74, son funciones y facultades especiales de la CREG, entre otras, las de regular el ejercicio de las actividades de los sectores de energía y gas combustible para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente; propiciar la competencia en el sector de minas y energía y proponer la adopción de las medidas necesarias para impedir abusos de posición dominante y buscar la liberación gradual de los mercados hacia la libre competencia; y establecer criterios para la fijación de compromisos de ventas garantizadas de energía y potencia entre las empresas eléctricas y entre éstas y los grandes usuarios.

La ley 142 de 1994, artículo 74, también le asignó a la Comisión de Regulación de Energía y Gas, la función de expedir el Reglamento de Operación para regular el funcionamiento del Mercado Mayorista de energía.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas, en desarrollo de los objetivos y funciones señalados, mediante la Resolución CREG 071 de 2006, adoptó la metodología para la remuneración del Cargo por Confiabilidad en el Mercado Mayorista.

Dado el interés que se ha manifestado por el desarrollo de plantas solares fotovoltaicas, la Comisión de Regulación de Energía y Gas, encuentra conveniente definir la metodología para la participación en el Cargo por Confiabilidad de este tipo de tecnología.

Se contrató una consultoría especializada con la firma FONROCHE con el objeto de que diseñará la metodología de cálculo de energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas. Metodología que se publicó a comentarios a través del documento anexo de la Circular CREG 083 de 2015. Con base en este estudio la Comisión de Regulación de Energía y Gas, publicó el proyecto de resolución a comentarios, *Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme de plantas solares fotovoltaicas*, en la Resolución CREG 227 de 2015.

De este se recibieron comentarios de los siguientes remitentes con radicado CREG: ACOLGEN E-2016-001433; CELSIA S.A. E.S.P. E-2016-001437; DAVID RAMÍREZ E-2016-008349; EMGESA S.A. E.S.P. E-2016-001407 y E-2016-001637; EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA S.A. E.S.P. E-2016-000691; ENEL E-2016-001443; EPM E.S.P. E-2016-001425; ISAGEN S.A. E.S.P. E-2016-001342; PROCOLOMBIA E-2016-003863; SUNEDISON E-2016-001568; UPME E-2016-001892; y XM S.A. E.S.P. E-2016-001065 y E-2016-001310.

Las respuestas a los comentarios recibidos a la metodología de la estimación de la energía firme de plantas solares fotovoltaicas se encuentran en el Documento CREG 154 del 19 de diciembre de 2016.

Teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 2.2.2.30.6 numeral 1 del Decreto 1074 de 2015, reglamentario de la Ley 1340 de 2009, no es necesario remitir la

MD  
Ay  
conf

ED

Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

presente Resolución a la Superintendencia de Industria y Comercio, puesto que habiéndose diligenciado el correspondiente cuestionario, con la expedición de la misma no se observa que se esté afectando normas relativas a la competencia.

A partir de los comentarios recibidos y de los análisis adicionales, la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, en sesión 752 del día 19 de diciembre de 2016 procede a establecer la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas.

### RESUELVE:

**Artículo 1. Energía Firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de las Plantas Solares Fotovoltaicas.** La Energía Firme para el Cargo por Confiabilidad de plantas despachadas centralmente que produzcan energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos se determinará así:

Para el cálculo de la ENFICC de plantas solares fotovoltaicas, que tengan información de irradiación horizontal y temperatura ambiente, se deberá contar con una serie histórica igual o mayor a diez (10) años. Los datos de irradiación horizontal y temperatura ambiente deberán tener registros horarios. Se aplicará la siguiente metodología:

1. Estimar la energía de una planta solar fotovoltaica de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$EN_{m,t} [kWh/mes] = \frac{1}{I_{STC}} \times K_c \times K_{inc} \times V_{m,t}(TA_{m,t}) \times GHI_{m,t} \times (1 - IHF) \times POT_{dc}$$

Donde:

$EN_{m,t}$	Energía generada en el mes $m$ del año $t$ , en kWh/mes
$I_{STC}$	Irradiancia en condiciones constantes. $I_{STC} = 1 \text{ kW/m}^2$
$K_c$	Constante por pérdidas de un sistema solar fotovoltaico. $K_c = 0,9139$
$K_{inc}$	Constante de inclinación a elegir de acuerdo con el tipo de tecnología de estructura de soporte.
$V_{m,t}(TA_{m,t})$	Valor por pérdidas debidas a temperatura ambiente según el tipo de modulo fotovoltaico utilizado para el mes $m$ del año $t$ .
$TA_{m,t}$	Promedio de temperatura ambiente para cada mes $m$ del año $t$ , en °C
$GHI_{m,t}$	Irradiación horizontal agregada en el mes $m$ del año $t$ . [kWh-mes/m <sup>2</sup> ].
$IHF$	Indisponibilidad Histórica Forzada.
$POT_{dc}$	Potencia del conjunto de módulos fotovoltaicos. [kW pico].

Para el cálculo de la energía generada por hora en un mes,  $EN_{m,t}$ , sólo se tendrán en cuenta los datos de irradiación horizontal y de temperatura ambiente para aquellas horas del día en las cuales se tengan datos de irradiación horizontal diferente a cero.

JRD  
CJ



Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

Los valores correspondientes a constante  $K_{inc}$  se presentan a continuación, de acuerdo con la tecnología de estructura de soporte:

Tecnología de estructura de soporte	$K_{inc}$
Estructura fija orientada al SUR e inclinada en su grado óptimo.	0,9620
Estructura de seguidor a un eje horizontal Norte-Sur y rotación Este- Oeste con retro seguimiento.	1,1861
Estructura de seguidor a un eje inclinado Norte-Sur y rotación Este- Oeste con retro seguimiento.	1,1958
Estructura de seguidor a dos ejes sin retro seguimiento.	1,2530

2. La ecuación correspondiente a las pérdidas por temperatura ambiente,  $V_{m,t}(TA_{m,t})$ , es como sigue:

$$V_{m,t}(TA_{m,t}) = 1 - (a \cdot TA_{m,t}^3 + b \cdot TA_{m,t}^2 + c \cdot TA_{m,t} + d)$$

Los valores correspondientes a las constantes para a, b, c y d de  $V_{m,t}(TA_{m,t})$  se presentan a continuación, de acuerdo con la tecnología y el diseño:

Tipo módulo y estructura	a	b	c	d
Fija - cSi	3,80E-05	-0,0024	0,05224	-0,3121
Fija - TF	2,60E-05	-0,0017	0,0373	-0,2126
1Eje - cSi Plano	1,10E-05	-0,0007	0,0185	-0,1157
1Eje - cSi Inclinado	1,10E-05	-0,0007	0,0185	-0,1157
1Eje - TF Plano	-1,30E-05	0,0007	-0,0092	0,0501
1Eje - TF Inclinado	-1,30E-05	0,00074	-0,0092	0,05011
2Ejes - cSi	3,70E-06	-0,0002	0,01032	-0,0615

El Consejo Nacional de Operación -CNO- establecerá protocolos para verificar, actualizar e informar a la Comisión cambios que puedan presentar las constantes de la ecuación correspondiente a las pérdidas por temperatura ambiente, una vez la planta entre en operación.

- El cálculo del IHF se hará de acuerdo con la regulación vigente para plantas hidráulicas.
- Se calcula la Energía  $E_n$  en kWh/día de acuerdo con la siguiente ecuación:

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten mark]*

Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

$$E_n (\text{kWh/día}) = \frac{EN_{m,t}}{\text{Días}_m}$$

Donde:

$E_n$	Energía diaria del enésimo dato en, kWh/día
$EN_{m,t}$	Valor de energía del mes $m$ del año $t$ de la serie histórica, correspondiente al procedimiento definido en el numeral 1 de este artículo.
$\text{Días}_m$	Número de días del mes $m$ .

5. Con los valores de Energía  $E_n$  para toda la serie histórica, correspondiente al procedimiento definido en el literal anterior, se construye una curva de distribución de probabilidad ordenando los resultados de menor a mayor. El menor valor corresponderá al 100% de probabilidad de ser superado, PSS, y el mayor valor corresponderá al 0% de PSS.
6. Calcular la ENFICC para la planta.
  - 6.1. ENFICC BASE: Corresponde a aquella generación que es capaz de entregar la planta en la condición del 100% de probabilidad de ser superada, PSS, de acuerdo con la distribución de probabilidad del numeral 5 de este artículo.
  - 6.2. ENFICC 95% PSS: Corresponde a aquella generación que es capaz de entregar la planta en la condición del 95% PSS de la curva de distribución de probabilidad del numeral 5 de este artículo. El valor que se asigne corresponderá a la energía calculada para el periodo más próximo a la condición del 95% PSS.

La ENFICC calculada en el literal anterior será afectada por el factor de uso de medidas reales de irradiación y degradación en el sitio o fuera del sitio de ubicación de la planta, como se presenta a continuación:

$$ENFICC_t (\text{kWh/día}) = ENFICC_{BASE \vee 95\% PSS} \times K_{med,t}$$

Donde:

$ENFICC_t$	ENFICC (kWh/día) base o 95% PSS para cada año $t$ según el caso, del numeral 6.1 o del numeral 6.2 de este artículo respectivamente.
$ENFICC_{BASE \vee 95\% PSS}$	ENFICC en kWh/día. Se tomará el valor base o el del 95% PSS según el caso, del numeral 6.1 o del numeral 6.2 de este artículo respectivamente.
$K_{med,t}$	Factor por uso de medidas reales de irradiación y degradación en el sitio o fuera del sitio de ubicación de la planta. El factor $K_{med,t}$ será el dato que corresponda al año $t$ según la tabla del Anexo 1 de esta resolución.

Handwritten signatures and initials: "DAD", "Cuel", and a large signature.

Handwritten initials: "ED".

Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

**Parágrafo 1.** El agente generador podrá declarar una ENFICC superior a la ENFICC Base e inferior a la ENFICC 95% PSS, siempre y cuando respalde la diferencia entre la ENFICC declarada y la ENFICC Base, con alguna de las siguientes dos opciones:

1. Con una garantía de conformidad con lo establecido en el Capítulo VIII de la Resolución CREG 071 de 2006, del cual se adoptó el Reglamento de Garantías del Cargo por Confiabilidad en la Resolución CREG 061 de 2007. Esta garantía le aplicará a la planta solar fotovoltaica de acuerdo con la regulación vigente para plantas hidráulicas.

Conforme artículo 21 del Capítulo 6 del Reglamento de Garantías para el Cargo por Confiabilidad de la Resolución CREG 061 de 2007 se considerará como eventos de incumplimiento, los siguientes:

- 1.1. Cuando resulte que la planta tuvo una generación inferior a la ENFICC 95% PSS, en tres (3) días consecutivos, durante condiciones críticas dentro del Período de Vigencia de la Obligación.
  - 1.2. Cuando el agente generador o la persona jurídica interesada no acredite ante la CREG el ajuste o reposición las garantías conforme a lo establecido en el Capítulo 6 y en el Artículo 35 del Reglamento de Garantías de la Resolución CREG 061 de 2007.
2. Con contratos de energía firme de otro agente generador, los cuales deberán cubrir esta obligación con un horizonte de un año y deberán ser registrados ante el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales, ASIC.

**Parágrafo 2.** Si el generador declara una ENFICC superior a la asociada al 95% PSS, se utilizará la ENFICC Base.

**Parágrafo 3.** El agente generador que representa la planta solar fotovoltaica deberá presentar un dictamen técnico de las medidas de irradiación horizontal y temperatura ambiente.

El dictamen técnico será contratado por el agente generador interesado, cumpliendo lo dispuesto en el Anexo 2 de esta resolución. Este dictamen será realizado por una persona natural o jurídica de acuerdo con una lista autorizada por el Consejo Nacional de Operación, CNO.

Los resultados del dictamen técnico deberán ser aprobados por el CNO.

**Artículo 2. Energía Disponible Adicional.** La Energía Disponible Adicional, EDA, de Plantas solares fotovoltaicas será la energía que excede la ENFICC declarada por el generador, calculada para cada uno de los meses del período que definió la ENFICC, como resultado del procedimiento del artículo 1 de esta resolución.

**Artículo 3. Adición de los formato 22, 23 y 24 al numeral 5.2 del anexo 5 de la Resolución CREG 071 de 2006.**

*Handwritten signatures and initials:*  
MAD  
ay

*Handwritten initials:* LD



Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

Adiciónese los formatos 22: Plantas Solares Fotovoltaicas, formato 23: Serie Histórica de Temperatura Ambiente y el formato 24: Serie Histórica de Irradiación Solar Horizontal.

**Formato 22.** Plantas Solares Fotovoltaicas.

Plantas Solares Fotovoltaicas								
Nombre	Capacidad Efectiva Neta <sup>1</sup> (MW <sub>pico</sub> )	Constantes V(TA)				K <sub>c</sub>	K <sub>inc</sub>	IHF (%)
		a	b	c	d			

<sup>1</sup> En ningún caso, durante el Período de Vigencia de la Obligación, la Capacidad Efectiva Neta registrada ante el Mercado de Energía Mayorista podrá ser superior al valor aquí declarado. El valor de CEN se puede actualizar según lo definido la Resolución CREG 096 de 2006.

**Formato 23.** Serie Histórica de Temperatura Ambiente

En este formato se deberá reportar la serie aprobada por el acuerdo del CNO vigente para dar cumplimiento al procedimiento de la información oficial de temperatura ambiente en el SIN.

Serie Histórica de Temperatura Ambiente, TA				
Planta	Año	Mes	Registro horario	°C

**Formato 24.** Serie Histórica de Irradiación Solar Horizontal

En este formato se deberá reportar la serie aprobada por el acuerdo del CNO vigente para dar cumplimiento al procedimiento de la información oficial de irradiación horizontal solar en el SIN.

Serie Histórica de Irradiación Solar Horizontal, GHI				
Planta	Año	Mes	Registro horario	kWh/m <sup>2</sup>

**Artículo 4. Verificación de parámetros Plantas Solares Fotovoltaicas.** Los mecanismos de verificación de los parámetros para la estimación de la ENFICC de plantas solares fotovoltaicas serán los siguientes:

1. Para la Capacidad Efectiva Neta y las constantes de la ecuación correspondiente a las pérdidas por temperatura ambiente, definidas en el numeral 1 del artículo 1 de esta resolución, el dictamen técnico deberá ser claro y sin ambigüedades al indicar los procedimientos para su medición y verificación.
2. Para el caso de IHF se aplicará el mismo procedimiento de IHF de acuerdo con la regulación vigente para plantas hidráulicas definido en la Resolución CREG 071 de 2006.
3. Para el caso de la serie histórica de irradiación solar horizontal y temperatura ambiente, el Consejo Nacional de Operación, CNO, diseñará un protocolo para su verificación y medición, en el término de tres meses a partir de la

*MSD*  
*and*  
*AS*

*ED*

Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

vigencia de esta resolución de acuerdo con el Dictamen Técnico definido en el Anexo 2 de esta resolución.

4. La CREG publicará mediante Circular el modelo al cual se le ingresarán los parámetros declarados por el agente para estimar la ENFICC, una vez estos hayan sido verificados de acuerdo con los numerales anteriores. Modelo que dará como resultado la ENFICC y la EDA a ser utilizadas por el CND para la respectiva verificación

**Artículo 5. Vigencia.** Esta resolución rige a partir de su publicación en el *Diario Oficial* y deroga las normas que le sean contrarias.

**PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá, D.C.



**RUTTY PAOLA ORTIZ JARA**  
Viceministra de Energía  
Delegada del Ministro de Minas y Energía  
Presidente



**GERMÁN CASTRO FERREIRA**  
Director Ejecutivo





Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

### ANEXO 1

Estos serán los valores del factor de degradación  $K_{med,t}$  a utilizar según lo dispuesto en el artículo 1 de esta resolución, de acuerdo con datos tomados en sitio o fuera del sitio de la ubicación de la planta:

Años $t$	$K_{med,t}$ sin datos en sitio	$K_{med,t}$ con datos en sitio
$t=1$	0.8737	0.8899
$t=2$	0.8584	0.8744
$t=3$	0.8540	0.8699
$t=4$	0.8496	0.8654
$t=5$	0.8453	0.8610
$t=6$	0.8409	0.8565
$t=7$	0.8365	0.8521
$t=8$	0.8322	0.8476
$t=9$	0.8278	0.8432
$t=10$	0.8234	0.8387
$t=11$	0.8191	0.8343
$t=12$	0.8147	0.8298
$t=13$	0.8103	0.8254
$t=14$	0.8059	0.8210
$t=15$	0.8016	0.8165
$t=16$	0.7972	0.8121
$t=17$	0.7928	0.8076
$t=18$	0.7885	0.8032
$t=19$	0.7841	0.7987
$t=20$	0.7798	0.7943

El año  $t$  iniciará en diciembre y terminará en noviembre del año siguiente. El año  $t=1$  iniciará en diciembre del año en que entra en operación la planta.

Cuando el agente generador realice una renovación total de los módulos fotovoltaicos de la planta solar fotovoltaica, podrá reiniciar con el factor de degradación  $K_{med}$  correspondiente al valor de  $t=1$ , sin que se aumente los periodos de años de Obligación de Energía Firme, OEF, previamente asignados a dicha planta.

Para el reinicio del factor de degradación de los módulos fotovoltaicos de la planta, el agente deberá contratar a uno de los auditores definidos en la lista de que trata el parágrafo 3 del artículo 1 de la presente resolución para que certifique la renovación total de los módulos fotovoltaicos de la planta.

*Rutty Paola Ortiz Jara*  
**RUTTY PAOLA ORTIZ JARA**

Viceministra de Energía  
 Delegada del Ministro de Minas y Energía  
 Presidente

*Germán Castro Ferreira*  
**GERMÁN CASTRO FERREIRA**

Director Ejecutivo

*MD*  
*By*  
*any*

*JD*

Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas

## ANEXO 2

### REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA CONTRATACIÓN DEL DICTAMEN TÉCNICO

Para la definición de los términos de referencia de la contratación del Dictamen Técnico, el agente observará como mínimo las siguientes pautas:

1. El Dictamen Técnico deberá ser de una persona natural o jurídica, la cual dará un concepto especializado de las series de irradiación solar horizontal y temperatura ambiente en el sitio de la planta para cumplir lo dispuesto en el artículo 1 de esta resolución. En caso de que el agente no cuente con las series o con los datos suficientes de estas en el sitio de la planta para cumplir lo dispuesto en el artículo 1 de esta resolución, el dictamen técnico deberá dar concepto de la estimación de estas series partiendo de mediciones en el sitio de la planta y de series de irradiación horizontal y temperatura ambiente históricas conocidas de otros puntos de medición para cada hora.
2. Se requerirá un Dictamen Técnico para realizar una verificación de las contantes de la ecuación correspondiente a las pérdidas por temperatura ambiente definidas en el numeral 1 del artículo 1 de esta resolución.
3. El contratista será elegido mediante un proceso de selección objetiva.
4. Se deberá entregar un informe final del dictamen técnico donde se explique y relacionen todos los estudios, métodos y análisis estadísticos que sirvieron de base para el dictamen.
5. Las pruebas que se requieran se realizarán siguiendo, normas nacionales o internacionales.
6. Previo a la entrega del informe final, el contratista validará sus conclusiones con el agente contratante, dando acceso a las memorias de cálculo y permitiéndoles contradecir el informe y formular solicitudes de complementación o aclaración que se resolverán en el informe final.
7. El informe final del dictamen técnico debe ser entregado a la CREG.

  
**RUTY PAOLA ORTIZ JARA**  
Viceministra de Energía  
Delegada del Ministro de Minas y Energía  
Presidente

  
**GERMÁN CASTRO FERREIRA**  
Director Ejecutivo



