



---

**Comisión de Regulación  
de Energía y Gas**

**LIQUIDACIÓN DE LA GENERACIÓN IDEAL  
PRODUCIDA POR PLANTAS INFLEXIBLES  
Y RECONCILIACIÓN POSITIVA DE  
PLANTAS HIDRÁULICAS**

**DOCUMENTO CREG-007**

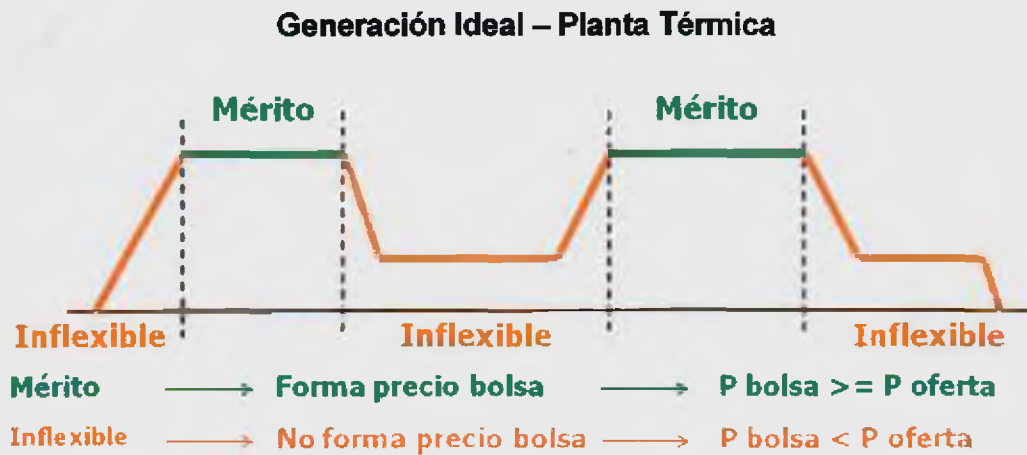
**5 de febrero de 2010**

**CIRCULACIÓN:  
MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
DE REGULACIÓN DE ENERGÍA  
Y GAS**

## LIQUIDACIÓN DE LA GENERACIÓN IDEAL PRODUCIDA POR PLANTAS INFLEXIBLES

### 1. SITUACIÓN ACTUAL

Este apartado presenta el análisis realizado sobre la forma como se remunera, según la regulación vigente, la generación ideal de las plantas del SIN cuando en un periodo se encuentran inflexibles. Para ilustrar lo anterior obsérvese la siguiente gráfica que corresponde a un ejemplo de la generación ideal de una planta térmica en un día:



Nótese que las inflexibilidades corresponden básicamente a características físicas de la planta como son las rampas de subida y bajada, el tiempo mínimo en línea o la operación en mínimo técnico. En dichas horas la planta no entra a formar precio de bolsa, por lo que es posible que el precio de bolsa en esa hora sea menor que los costos variables ofertados por el generador para la planta. Esta situación hace que la planta no cubra sus costos totales en dichas horas.

La situación descrita anteriormente fue prevista en la resolución 051 de 2009<sup>1</sup>, donde se estableció que se compararían las ganancias obtenidas por las rentas infra marginales<sup>2</sup> con los costos de arranque y parada ofertados por la planta y los costos no cubiertos cuando la planta está inflexible descritos anteriormente. Si las rentas infra marginales son superiores a estos costos, entonces al generador no se le reconoce una remuneración adicional. En caso contrario, se le reconocía el monto faltante.

Adicionalmente al esquema de remuneración descrito anteriormente, la resolución CREG 158 de 2008 establece que la generación correspondiente a rampas de subida y tiempo mínimo en línea que coincidiera con generación real por restricción eléctrica se remuneraría al máximo entre el precio de bolsa y el precio de reconciliación positiva. Lo anterior se ilustra en el siguiente gráfico:

<sup>1</sup> La resolución CREG 051 de 2009 implementó que el despacho ideal fuera producto de una optimización de 24 horas, contrario al despacho horario anterior.

<sup>2</sup> Diferencias positivas entre el precio de bolsa y el precio de oferta de la planta en los periodos en que esta opera en mérito.



## CONDICIONES INICIALES DEL DESPACHO IDEAL

Actualmente, conforme a lo establecido en el numeral 1.1.1.1 de la resolución CREG 024 de 1995, modificado por la resolución 051 de 2009, las condiciones iniciales del Despacho Ideal para el día  $t$  tienen en cuenta las condiciones con las que finalizó el Despacho Ideal del día  $t-1$ . Esta condición ha tenido los siguientes efectos:

- Una planta térmica que viene generando en el despacho ideal pero no en el ideal, entra al proceso de optimización del despacho ideal incluyendo un costo de arranque que no es real. Es decir, para operar en ese día la planta no incurre en el costo de arranque y parada.
- En el caso contrario, una planta térmica que finalizó prendida en el día anterior en el despacho ideal pero estuvo apagada en el despacho real, entra a la optimización sin incluir el costo de arranque y parada.

De lo anterior se observa que tener en cuenta las condiciones de finalización del día anterior del despacho real en lugar del despacho ideal ajusta diariamente este último a las condiciones reales del día anterior eliminando efectos acumulativos que podrían presentarse de la otra forma. Estos efectos acumulativos podrían producir distorsión en el cálculo de reconciliaciones positivas o negativas, por generaciones inflexible en el despacho ideal de las plantas térmicas.

Por lo anterior, se propone que se modifique el numeral 1.1.1.1 de la resolución CREG 024 de 1995 para que las condiciones iniciales del despacho ideal se basen en las condiciones finales del día anterior del despacho real.

## RECONCILIACIÓN POSITIVA DE PLANTAS HIDRÁULICAS

### 1. SITUACIÓN ACTUAL

El presente apartado presenta el análisis realizado con el objetivo de ajustar la metodología para definir el precio de reconciliación positiva de las plantas hidráulicas, el cual es el precio al que se remunera la generación de energía eléctrica fuera de mérito de estas plantas.

### 2. GENERACIÓN FUERA DE MÉRITO Y RECONCILIACIÓN POSITIVA

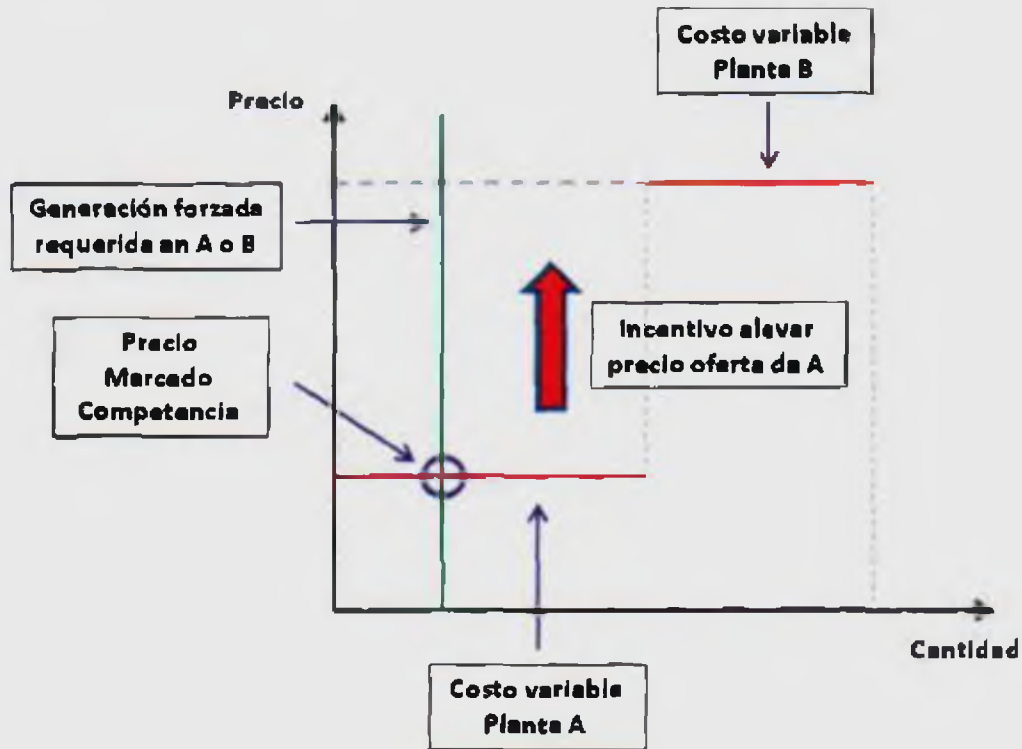
En términos generales, se considera generación fuera de mérito a la generación adicional que realiza una planta en el despacho real en comparación al despacho ideal. En condiciones normales<sup>3</sup> dicha generación es producto de restricciones en la red de transporte que obliga a prender una planta en especial, o una planta de un determinado grupo, para mantener la confiabilidad del sistema.

En términos generales una planta que es requerida para generar fuera de mérito se encuentra en posición monopólica, o al menos tiene un alto grado de poder de mercado con relación a la demanda de energía eléctrica, la cual a muy corto plazo es totalmente inflexible. Esta situación constituye una falla del mercado cuyo resultado es el de incentivar al agente a elevar su precio de oferta por encima de su costo variable<sup>4</sup>. Lo anterior se ilustra en la siguiente gráfica:

---

<sup>3</sup> Actualmente también se presentan diferencias entre el despacho ideal y el despacho real por efecto de la obligación de algunas plantas termoeléctricas a generar en el despacho ideal, conforme a lo estipulado en el Artículo 4o del decreto del Ministerio de Minas y Energía 181686.

<sup>4</sup> Ver documento CREG 055 de 2001.

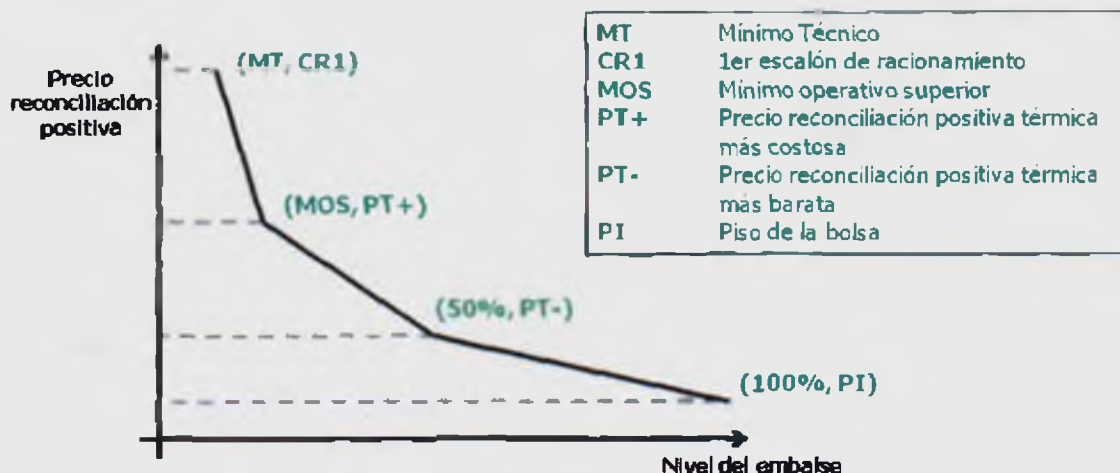


La situación descrita anteriormente motivó la expedición de la Resolución CREG 034 de 2001, la cual estableció que el precio al cual se remuneraría la generación fuera de mérito o reconciliación positiva no sería igual al precio de oferta del agente, sino que por el contrario sería igual al valor resultante de aplicar una metodología establecida en esa misma resolución.

Para el caso de las plantas térmicas, establecer el costo variable de generación implica calcular el costo del combustible más otros costos variables como el desgaste de la máquina, la operación, etc. Sin embargo, para el caso de las plantas hidráulicas esta operación se vuelve más compleja dado que se debe establecer una metodología para valorar el costo de oportunidad del agua.

### 3. METODOLOGÍA VIGENTE

Actualmente la metodología vigente para determinar el precio de reconciliación positiva de las plantas hidráulicas está definida en la resolución CREG 034 de 2001. Dicha metodología determina el precio del recurso hídrico de una planta como una función del nivel del embalse asociado a la planta. Esta función se presenta en la siguiente gráfica:



Al respecto de la metodología antes descrita es importante destacar los siguientes aspectos:

- Las plantas con embalses pequeños bajan y suben el nivel de sus embalses muy rápido, por lo que la valoración del costo de oportunidad del agua bajo esta metodología puede tomar valores muy diferentes de un día para el otro, lo cual puede resultar incoherente dada la naturaleza del costo de oportunidad del recurso hidráulico en el sistema.
- Las plantas con embalses de gran capacidad deben tener estos embalses en niveles muy altos al inicio de la estación de verano<sup>5</sup>, lo que implica que de ser llamados a generación por fuera de mérito en estos meses el precio de reconciliación positiva podría ser un valor bajo que no refleja el costo de oportunidad del recurso.

Por lo anterior, se observa que la metodología actual puede estar distorsionando la valoración del recurso hídrico dependiendo de las condiciones del embalse.

#### 4. PROPUESTA DOCUMENTO CREG 086 DE 2008<sup>6</sup>

Dados los efectos de la metodología actual descritos anteriormente, así como la evolución del mercado mayorista a partir de la entrada en funcionamiento del mercado de energía firme, se procedió a estudiar nuevas alternativas para el cálculo del precio de reconciliación positiva para el caso de las plantas hidráulicas. Al respecto se publicó el documento CREG 086 de 2008<sup>7</sup>, en el cual se proponía calcular el precio de reconciliación positiva en función del volumen del embalse conforme a la siguiente función:

<sup>5</sup> Lo anterior es debido a poder cumplir con sus Obligaciones de Energía Firme y contratos en la estación de verano.

<sup>6</sup> El documento CREG 086 de 2008 propone otra alternativa para calcular el precio de reconciliación positiva de las plantas hidráulicas que la presentada, y consiste básicamente en reconocer el precio de escases. Sin embargo, conforme al análisis presentado en el numeral 2, esta alternativa es descartada.

<sup>7</sup> Ver circular 115 de 2008.

$$PR_j = p_{N,m,j} \times PE + (1 - p_{N,m,j}) \times PB$$

Donde

$PR_j$	Precio de reconciliación positiva de la planta j.
$p_{N,m,j}$	Probabilidad de la planta j de incumplir la obligación de energía firme con un nivel de embalse N en el mes del año m.
$PE$	Precio de escases correspondiente.
$PB$	Precio de Bolsa.

La propuesta descrita anteriormente tiene la ventaja de que, a diferencia de la metodología vigente, aproxima mejor el costo de oportunidad del agua a las condiciones físicas de cada embalse.

En cuanto a los comentarios que se recibieron de esta propuesta en particular, se pueden destacar los siguientes:

- El valor ofertado por el agente es una mejor valoración del costo de oportunidad del recurso.
- El costo de oportunidad para una hidráulica no se circunscribe a si la planta puede o no cumplir a futuro con la entrega de OEF.
- Costo de oportunidad siempre es igual o superior al precio de Bolsa.
- En condición de escases, la energía puede ser vendida a un mayor valor que el precio de escases.

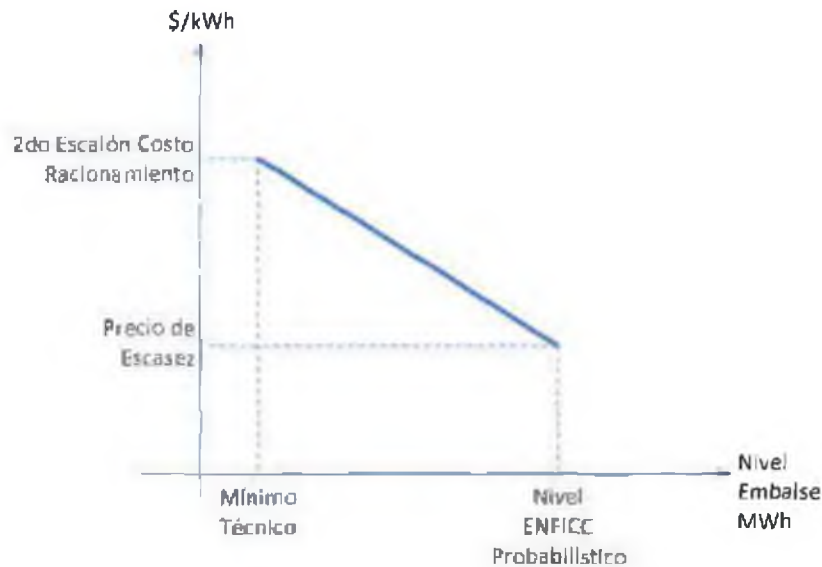
## 5. RESOLUCIÓN CREG 137 DE 2009

Otro aspecto importante de analizar acerca de la forma de calcular el costo de oportunidad del recurso hídrico para efectos de establecer la metodología para calcular el precio de reconciliación positiva de las plantas hidráulicas es lo establecido en la resolución CREG 137 de 2009. Esta resolución establece niveles mínimos de precios a las ofertas de las plantas hidráulicas, los cuales tienen el objetivo de garantizar el suministro de la energía firme comprometida en la condición crítica actual (verano 2009-2010) ocasionada por el fenómeno de El Niño. Estos niveles mínimos se activan cuando la confiabilidad del sistema se degrada y los embalses asociados a la planta se encuentran por debajo del Nivel ENFICC Probabilístico<sup>8</sup>. Los valores de estos niveles se representan en la siguiente gráfica:

---

<sup>8</sup> Para una planta y mes del año, es el nivel mínimo que requiere la planta para poder generar su ENFICC durante un periodo de un año ante todas las condiciones hidrológicas de las que se tiene historia de sus aportes.





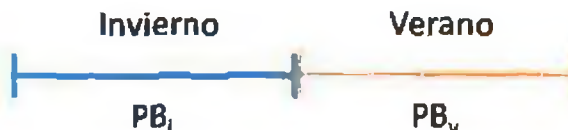
Nótese que los niveles mínimos de precios establecidos por esta resolución implican una valoración del recurso hídrico relativamente alta; lo cual es coherente con el hecho de que no se trata de una resolución de carácter permanente sino que solamente aplica para el periodo de hidrología crítica por el que se está atravesando en la actual presencia del Fenómeno de El Niño. Es decir, estos valores son producto de la necesidad de garantizar que los agentes con plantas hidráulicas puedan generar su ENFICC en una condición de El Niño.

Sin embargo, se observa la necesidad de unificar los criterios de valoración del agua tanto para el precio de reconciliación positiva como para los valores mínimos establecidos en la resolución CREG 137.

## 6. ANÁLISIS DEL COSTO DE OPORTUNIDAD DEL AGUA

En este apartado se presenta el análisis realizado del costo de oportunidad del agua. Para lo anterior considérese el siguiente ejemplo:

Tómese dos periodos de tiempo: 1) La estación de invierno y 2) la estación de verano. En ambas estaciones el precio de Bolsa es constante, siendo  $P_{B_i}$  el precio de la estación de invierno y  $P_{B_v}$  el precio de la estación de verano. Adicionalmente supóngase que  $P_{B_v} > P_{B_i}$ . La situación anterior se ilustra en la siguiente gráfica:



En este escenario la valoración del recurso hídrico de una planta en el periodo de invierno estaría dada por los siguientes criterios:

1. Una planta con un embalse muy grande no tiene incentivo de generar en el periodo de invierno sino en el de verano, por lo que el costo de oportunidad de la planta en ambos periodos es  $PB_v$ .
2. Una planta con un embalse muy pequeño no puede guardar los aportes que reciba en el periodo de invierno para generar en el periodo de verano, por lo que su costo de oportunidad en el periodo de invierno es  $PB_i$  y en el verano  $PB_v$ .

Las dos situaciones presentadas anteriormente identifican los casos extremos, sin embargo la pregunta es ¿Cómo se conoce si una planta pertenece al grupo 1 o al grupo 2?. La respuesta es que **las plantas del grupo 1 no generan en toda la estación de invierno**, dado que si la planta tiene una generación positiva en el periodo de invierno significa que el costo de oportunidad de su recurso hídrico no es igual a  $PB_v$ , dado que está dispuesto a venderlo a  $PB_i$ .

Esta sencilla observación pone en evidencia el siguiente criterio: El costo de oportunidad del recurso hídrico en el día  $t$  es el precio de Bolsa del día  $t+d$ , siendo  $t+d$  el día más próximo al cual generó. Obsérvese que aplicando el criterio anterior se puede calcular el costo de oportunidad del agua para las plantas de ambos grupos, dado que las plantas del grupo 1 solamente van a generar en la estación de verano ( $PB_v$ ), mientras que las plantas del grupo 2 van a generar en ambas estaciones, por lo que su costo de oportunidad será de  $PB_i$  en la estación de invierno y  $PB_v$  en la estación de verano.

Para comprobar el criterio anterior, considérese el ejemplo anterior con una planta cuyos aportes en la estación de invierno y verano son respectivamente  $A_i$  y  $A_v$ , y la capacidad de su embalse es igual a  $CE$ . En este ejemplo, y suponiendo que el embalse comienza vacío en el inicio de la estación de invierno, las decisiones del agente estarían dadas por lo siguiente:

- a) Si  $CE \geq A_i$ :

El agente no generará en la estación de invierno, y generará  $A_i + A_v$  en la estación de verano. Este caso es igual al caso 1 descrito anteriormente.

- b) Si  $CE < A_i$ :

El agente generará  $A_i - CE$  en la estación de invierno y  $CE + A_v$  en la estación de verano.

- c) Si  $CE = 0$ :

El agente generará  $A_i$  en el invierno y  $A_v$  en el verano. Este caso es igual al caso 2 descrito anteriormente.

Del ejemplo anterior ya se mencionó que en el caso a) el costo de oportunidad del recurso tanto en invierno como en verano es igual a  $PB_v$ , y el costo de oportunidad en el caso C) es igual en invierno a  $PB_i$  y en verano a  $PB_v$ . Lo interesante del ejemplo es calcular el costo de oportunidad de la planta en el caso b); el cual en verano es claramente  $PB_v$ , mientras que para el caso de invierno puede tomar 2 valores diferentes:

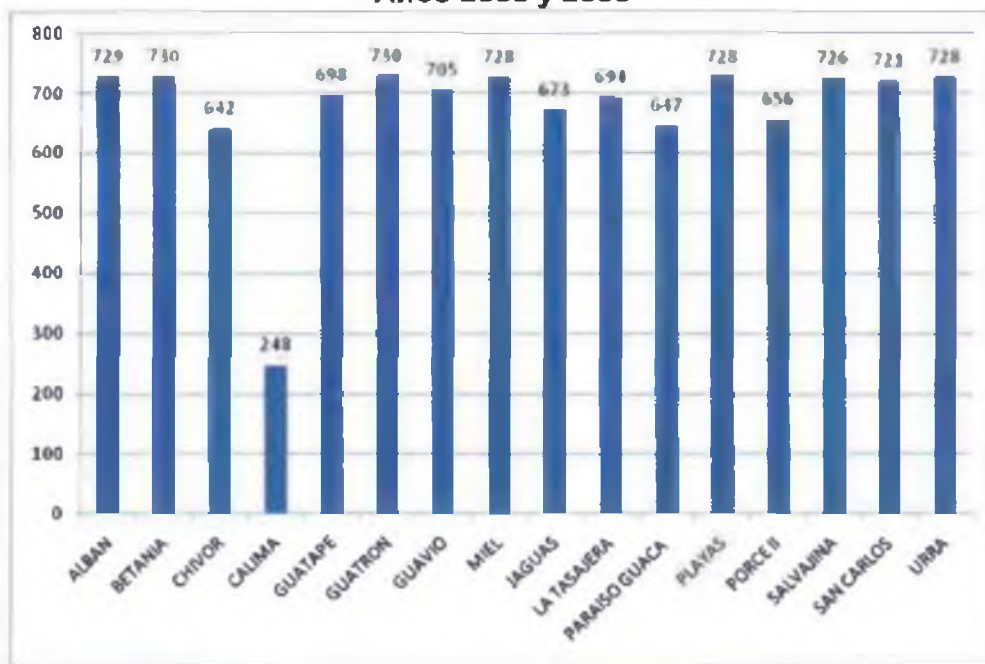
- Si la planta ha generado en la estación de invierno una cantidad menor a  $A_i - CE$  su costo de oportunidad es  $PB_i$ .

- Si la planta ha generado en invierno una cantidad igual a  $A_i - CE$ , su costo de oportunidad es igual a  $PB_v$ .

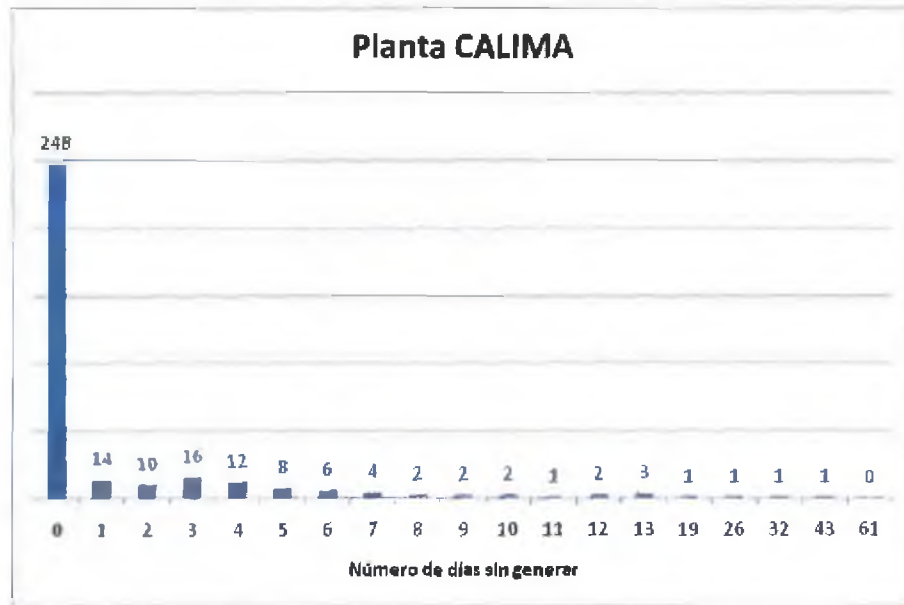
Nótese que en este caso el criterio descrito anteriormente para calcular el costo de oportunidad del recurso también funciona, dado que si la planta ha generado en el día  $t$  de la estación de invierno una cantidad menor a  $A_i - CE$  significaría que la planta va a generar en los días restantes de la estación de invierno (día  $t+d$ ) la cantidad de energía remanente hasta completar una generación igual a  $A_i - CE$ . Por el otro lado, si en el día  $t$  de la estación de invierno la planta ya ha generado una cantidad igual a  $A_i - CE$ , implica que la planta no volverá a generar hasta la estación de verano (día  $t+d$ ), a precio  $PB_v$ .

El ejercicio anterior permite concluir que una buena aproximación al costo de oportunidad del recurso hidráulico de una planta en el día  $t$  es igual al precio de bolsa del día futuro más cercano al cual la planta genera ( $t+d$ ). En el caso de las plantas hidráulicas del SIN, se procedió a realizar el cálculo de cuantos días permanecen sin tener generación ideal (valor de  $d$ ), con el objetivo de poder catalogar las plantas conforme a las tres clases de plantas presentadas anteriormente. Los resultados obtenidos indican que la gran mayoría de plantas generan todos los días, como se presenta en la siguiente gráfica que muestra el número de días que las plantas tuvieron generación ideal en el periodo comprendido entre los años 2008 y 2009 (730 días):

**Número de días con generación ideal  
Años 2008 y 2009**



Nótese que tal vez la única excepción es la planta Calima, sin embargo revisando la información de la planta se puede observar que pocas veces ha tenido periodos sin generación ideal mayores a 15 días, como se ilustra en el siguiente gráfico:



Lo anterior lleva a la conclusión que en términos generales las plantas hidráulicas del SIN no permanecen muchos días sin tener generación ideal. Lo anterior, sumado al hecho de que el precio de bolsa generalmente no presenta grandes variaciones de un día a otro, implica que una buena aproximación al costo de oportunidad del recurso hidráulico sería el precio de bolsa del día.

## 7. PROPUESTA

Conforme a lo presentado anteriormente, se propone que el precio de reconciliación positiva sea igual al precio de bolsa menos el piso de la bolsa. Sin embargo, como se presentó en el numeral 5, en un periodo crítico se considera conveniente establecer medidas que garanticen que los agentes hidráulicos pueden cumplir su ENFICC. Por lo que en dichas situaciones, y para mantener coherencia al respecto de la valoración del costo de oportunidad del agua, se recomienda que cuando se apliquen los límites mínimos a los precios de oferta de que trata la resolución 137 de 2009 el precio de reconciliación positiva sea igual a dicho límite.