



**IIT**  
**INSTITUTO DE**  
**INVESTIGACIÓN**  
**TECNOLÓGICA**

# Cambios al Código de Operación del sistema interconectado eléctrico de Colombia

Versión preliminar

*Entregable del proyecto*

Estudio para la modernización del despacho y el mercado spot de energía eléctrica - despacho vinculante y mercados intradiarios

*Desarrollado para*



Comisión de Regulación  
de Energía y Gas

Noviembre de 2018



*Este documento es el cuarto entregable del proyecto “Estudio para la modernización del despacho y el mercado spot de energía eléctrica - despacho vinculante y mercados intradiarios”, desarrollado por parte de la Universidad Pontificia Comillas para la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), según el contrato no. 2018-041. El objetivo de este entregable es identificar los aspectos operativos del despacho de corto plazo que habría que modificar para implementar la propuesta de despacho vinculante, mercados intradiarios y mecanismo de balance.*

*Para colocar este entregable dentro del marco más amplio del proyecto, es importante mencionar los temas que han sido y serán tratados en las otras etapas de este estudio:*

- *El primer entregable ha presentado una revisión detallada de los documentos elaborados hasta la fecha sobre la posible introducción, en Colombia, de un despacho vinculante y de un mercado intradiario y ha definido el cronograma para la ejecución del proyecto.*
- *El segundo entregable ha analizado las experiencias internacionales sobre el diseño de los mercados cuya introducción se propone con este estudio, ha analizado la regulación colombiana y el diseño de mercado actual, ha identificado soluciones que permitan compatibilizar los nuevos elementos con la regulación actual y ha presentado unas recomendaciones preliminares para el sistema eléctrico colombiano.*
- *El tercer entregable ha analizado los cambios a los aspectos comerciales del mercado colombiano que habría que incluir, para introducir el diseño de mercado propuesto.*
- *El quinto y último entregable presentará un resumen de la propuesta regulatoria desarrollada en los entregables anteriores y definirá unas disposiciones transitorias que permitan migrar del esquema anterior al nuevo sin cambios abruptos en la regulación y en la operación del mercado.*



## Contenidos

<b>1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>6</b>
1.1	<i>Resumen del diseño propuesto.....</i>	6
1.2	<i>Resolución CREG025-1995.....</i>	7
<b>2.</b>	<b>Despacho económico horario.....</b>	<b>8</b>
2.1	<i>Predicción de demanda .....</i>	9
2.2	<i>Pérdidas .....</i>	9
2.3	<i>Ofertas de precio .....</i>	10
2.4	<i>Precios de arranque y parada.....</i>	10
2.5	<i>Disponibilidad esperada .....</i>	11
2.6	<i>Generación de plantas menores .....</i>	11
<b>3.</b>	<b>Redespacho .....</b>	<b>11</b>
3.1	<i>Redespachos a través del mercado intradiario.....</i>	12
<b>4.</b>	<b>Tratamiento operativo de los servicios complementarios.....</b>	<b>13</b>
<b>5.</b>	<b>Referencias.....</b>	<b>14</b>

## 1. Introducción

El segundo entregable ha presentado un análisis detallado de los impactos que la introducción de un despacho vinculante, un mercado intradiario y un mecanismo de balance tendría en el sistema eléctrico colombiano y ha adelantado unas recomendaciones sobre el nuevo diseño de mercado.

El objetivo de este cuarto entregable es profundizar sobre los cambios que es necesario incluir en la operación del sistema interconectado nacional. Antes de adentrarse en estos aspectos, esta primera sección resume los elementos principales del diseño que se está proponiendo, así como el esquema actual de la Resolución CREG025-1995, en la que se incluye el código de operación.

Hay que resaltar que la introducción de la secuencia de mercados propuesta por este estudio afecta de manera más significativa los aspectos comerciales de la regulación colombiana. Este cuarto entregable es más conciso que los anteriores porque busca simplemente alinear la Resolución CREG025-1995 con las recomendaciones del proyecto.

### 1.1 Resumen del diseño propuesto

El mercado de corto plazo colombiano, que hoy en día prevé sólo una casación *ex-post*, tendría que ser reformado para introducir un mercado diario que fije unos compromisos vinculantes, un mercado intradiario que permita actualizar estas posiciones comerciales y un mecanismo de balance que asigne de manera eficiente los costes ocasionados por los desvíos que se producen después del cierre del mercado. Para el mercado diario y el mercado intradiario, se toma como restricción mantener la separación actual entre la capa comercial y la capa operativa y, de esta manera, evitar introducir al mismo tiempo dos reformas de gran calado en la regulación.

El mercado diario calculará un precio uniforme a través de un despacho ideal sin red y fijará las reconciliaciones comparando éste con un despacho programado con red. Los compromisos vinculantes se fijarán a partir de los despachos y de los precios calculados una vez se hayan considerado las reconciliaciones, es decir, considerarán las restricciones de red, como ocurre en todos los mercados vinculantes de precio uniforme.

El mercado intradiario estará basado en subastas discretas. Cada subasta replicará el proceso de casación y despacho del mercado diario, volviendo a despachar todo el sistema, pero cambiando el horizonte de operación y utilizando la información actualizada que se haya producido a partir del cierre de la sesión de mercado anterior.

Esta secuencia de mercados provocará cambios en las posiciones comerciales de los agentes durante el horizonte intradiario, algo común en los mercados de corto plazo de este tipo. Sin embargo, el proceso de reconciliación genera una complejidad añadida. En cada sesión del mercado, los agentes pueden encontrarse en uno de los siguientes estados: generación casada en mérito, generación despachada fuera de mérito (reconciliación positiva), generación en reconciliación negativa y generación no despachada. Entre dos sesiones de mercado, puede producirse no sólo un cambio de la posición comercial, sino también un cambio de estado.

Aunque sea posible identificar una liquidación estándar<sup>1</sup> entre sesiones para la mayoría de los casos, existen algunos cambios de estado que requieren liquidaciones especiales.

Hay que subrayar que la consideración de un precio único, en comparación con el esquema de precios nodales, presenta a día de hoy ventajas e inconvenientes que han sido analizadas en el informe dos. Por otro lado, tal y como se ha analizado también en los informes dos y tres, mantener el esquema de precio único en el contexto de introducir compromisos comerciales vinculantes, dificulta en algunos casos puntuales la obtención del redespacho más eficiente para el sistema. Sin embargo, las ventajas de implementar dichos despachos vinculantes, aún en un contexto con un precio uniforme, están fuera de toda duda.

La última sesión del mercado intradiario en la que se puede cambiar la posición comercial para ciertas horas representa el llamado “último *gate closure*” para esas horas. A partir de ese momento, cualquier cambio en la disponibilidad de los agentes no podrá ser absorbido por el mercado y tendrá que ser gestionado directamente por el operador del sistema. Los sobrecostes que estas gestiones ocasionen en el tiempo real tendrán que ser asignados de manera económicamente eficiente a través del mecanismo de balance. Las liquidaciones ejecutadas en el marco de este mecanismo, tanto las que remuneran las reservas como las que valoricen los desvíos, dependerán del diseño propuesto por el proyecto sobre servicios complementarios que se está desarrollando paralelamente a este estudio.

## 1.2 Resolución CREG025-1995

El código de red de Colombia está definido en la Resolución CREG025-1995 y en las Resoluciones posteriores que la hayan modificado. Dicha Resolución tiene la estructura que se resume en la Figura 1.

---

<sup>1</sup> La liquidación estándar que se propuso en los informes dos y tres considera la cantidad casada en el despacho económico con red y el precio del segmento de mercado en el que fue casada la oferta (precio de bolsa para la generación en mérito y precio de reconciliación positiva para la generación fuera de mérito).

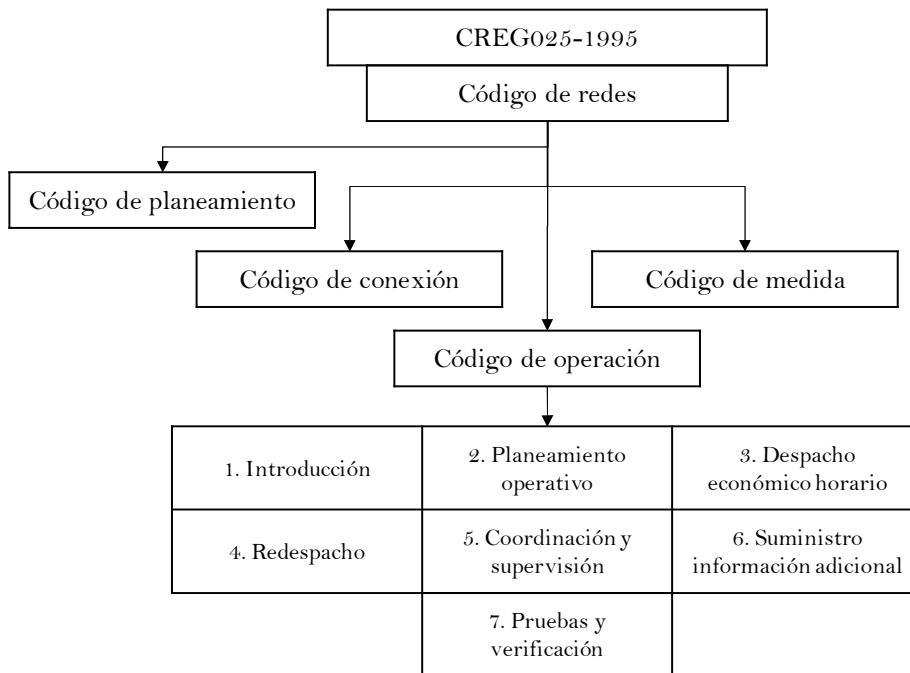


Figura 1. Esquematización de la Resolución CREG025-1995

El código de red se compone de cuatro códigos diferentes; el que se ve más afectado por el diseño de referencia es, sin duda, el código de operación. En particular, las secciones relativas al despacho económico horario (sección tres de la CREG025-1995) y al redespacho (sección cuatro) son las que requerirían las modificaciones más profundas.

## 2. Despacho económico horario

El despacho económico programado, que produce el despacho económico horario, define la programación de las unidades de generación para el día siguiente. Como ya se ha mencionado en los entregables anteriores, este despacho considera las restricciones técnicas de la red de transporte y los criterios de confiabilidad establecidos por el operador del sistema. Los principales datos de partida para ejecutar el despacho económico programado son los siguientes:

- Predicción horaria de la demanda, efectuada por el operador del sistema semanalmente por área operativa.
- Pérdidas, estimadas según las pérdidas registradas en el día anterior a la programación, es decir, dos días antes de la operación.
- Ofertas de precios, comunicadas diariamente por los agentes antes de las 7:00 como una única oferta de precio para las 24 horas del día de operación.
- Precios de arranque y parada, comunicados cada tres meses por los agentes.
- Disponibilidad esperada, comunicada diariamente por los agentes antes de las 7:00 con granularidad horaria.

- Generación de plantas menores, prevista y comunicada por los operadores de las plantas no despachadas centralmente.

La primera operación ejecutada por el despacho económico programado es la definición de qué unidades de generación van a proporcionar el servicio de AGC (basándose en las mismas ofertas de precio para la bolsa de energía). Una vez programado el servicio de AGC, el despacho define la programación para atender la demanda doméstica, incluyendo luego las unidades empleadas en el comercio transfronterizo (que, como se ha analizado en el informe tres, marcan un precio diferente para las exportaciones).

En el diseño de referencia de la propuesta, se introduce un despacho vinculante en el día anterior a la operación, que se obtiene ejecutando un despacho ideal, que determina el precio de bolsa para el mercado diario, y un despacho económico programado, a través del cual es posible definir las reconciliaciones y fijar los compromisos vinculantes considerando las restricciones de red.

Los cambios principales con respecto al diseño actual afectan más la capa comercial que la capa operativa. Sin embargo, también podría ser necesario modificar algunos aspectos del despacho económico programado, sobre todo por lo que concierne a la información requerida por el operador. En las siguientes subsecciones, se analizan punto por punto estos posibles cambios.

## **2.1 Predicción de demanda**

En los informes dos y tres se han definido diferentes posibles niveles de participación de la demanda en el nuevo diseño de mercado. En la actualidad, la demanda es estimada por el operador del sistema (aunque las empresas puedan, semanalmente, hacer comentarios y pedir modificaciones a esta predicción) y los consumidores son tomadores de precio en la bolsa de energía.

Un primer paso hacia una mayor participación se podría obtener asignando a toda o a parte de la demanda la responsabilidad de estimar su carga. Este modelo se ha definido como participación pasiva en el informe tres. Con este esquema, las comercializadoras deberían estimar su demanda y comunicarla al operador del sistema y del mercado.

Una participación activa de la demanda, en cambio, prevé la presentación de ofertas de demanda, con las que los comercializadores comunicarían al operador no sólo la estimación de su carga, sino también el precio (o los precios) que estarían dispuestos a pagar sus consumidores para ese suministro. La presentación de estas ofertas de compra debería seguir, en este caso, el mismo protocolo utilizado para las ofertas de venta.

## **2.2 Pérdidas**

En el diseño de referencia, las pérdidas estimadas se usan también en el despacho ideal que fija el precio de bolsa en el nuevo mercado del día antes. Este precio se utiliza para la definición de compromisos vinculantes. Por esta razón, el informe tres sugiere la posibilidad de introducir métodos de estimación de pérdidas más precisos y que consideren también la posibilidad de actualizar la estimación de pérdidas en el horizonte intradiario.

Alternativamente, se podría mantener el actual esquema, basado en las pérdidas registradas dos días antes de la operación, y usar esta estimación de pérdidas tanto en el despacho económico programado como en el despacho ideal.

### **2.3 Ofertas de precio**

En el diseño actual, los agentes presentan una única oferta de precio diaria, que se usa no sólo para la casación del mercado en todas las horas del día de la operación, sino también para el despacho del servicio de AGC. El diseño de las ofertas en el nuevo mercado o mecanismo de adquisición de servicios complementarios es un tema que será tratado en el proyecto que se está desarrollando paralelamente a éste.

Lo que se analiza en esta subsección es si el esquema con una única oferta de precio diaria para la energía sería consistente con el nuevo diseño de mercado. La presencia de un mercado intradiario, dividido a su vez en más subastas, rompería con la lógica de una única oferta para cada día de operación; ofertando precios diferentes en diferentes sesiones del mercado de corto plazo, los agentes podrían *de facto* presentar diferentes ofertas de precio para cada grupo de horas definido por el cronograma del mercado. En este contexto, cabe discutir si no sería más eficiente permitir ofertas de precio horarias, como ocurre en muchos mercados de corto plazo.

Sin embargo, no hay razones teóricas para demostrar que, en el contexto colombiano, pasar de ofertas de precio diarias a ofertas horarias mejore la eficiencia económica del despacho en lo que concierne a los aspectos analizados en este estudio. El nuevo diseño de mercado podría entonces incluir una reforma del formato de oferta, pasando a ofertas horarias, o mantener el actual formato de oferta diaria. En este segundo caso, la oferta sería válida para todas las horas del horizonte de programación de la sesión de mercado en la que es presentada (las 24 horas del día, en el caso del mercado diario, e intervalos de tiempo menores, en el caso de las sesiones del mercado intradiario).

### **2.4 Precios de arranque y parada**

Los precios de arranque y parada tienen que ser declarados por parte de los agentes que controlen plantas de generación térmicas cuatro veces por año y quedan vigentes durante tres meses. La declaración puede contemplar diferentes configuraciones y combustibles, especificando un precio de arranque y parada para cada una de ellas.

El intervalo de tiempo durante el cual quedan vigentes los precios de arranque y parada resulta más largo que en otros sistemas con una regulación parecida sobre la recuperación de estos costes fijos de operación. Sin embargo, como en el caso del formato de oferta, no hay argumentos evidentes a favor de aumentar la frecuencia en la oferta de los precios de arranque y parada en lo que concierne a los aspectos analizados en este proyecto. El nuevo diseño de mercado podría entonces considerar la posibilidad de la frecuencia con la que se declaran estos precios o mantener la frecuencia actual.

## **2.5 Disponibilidad esperada**

En el diseño actual, los agentes declaran diariamente su disponibilidad esperada al operador del sistema. Contrariamente a lo que ocurre con las ofertas de precio, la disponibilidad se declara a nivel horario.

Como se ha discutido en el informe tres, desde el punto de vista comercial, la disponibilidad pasa a ser un elemento de la oferta de precio y cantidad. Ambos elementos tienen que ser declarados en cada sesión y pueden ser actualizados en la sesión sucesiva. Estas ofertas se utilizan tanto en el despacho ideal, que fija los precios, como en el despacho económico programado, que permite definir los compromisos vinculantes considerando las restricciones de red. Después del cierre de la última sesión del mercado intradiario, los compromisos comerciales se vuelven también compromisos operativos.

## **2.6 Generación de plantas menores**

En el diseño de mercado actual, las plantas menores no despachadas centralmente (principalmente centrales hidroeléctricas sin embalse con capacidad inferior a los 10 MW) declaran un programa estimado de generación, que entra en el despacho económico programado. En el tiempo real, estas plantas producen por encima o por debajo de su programa estimado y esta generación se remunera a precio de bolsa. Los costes que se podrían producir a causa de estos desvíos se socializan.

En el informe dos, se ha resaltado la importancia de analizar este elemento de diseño a la luz de la elevada penetración de centrales renovables no convencionales (principalmente eólicas y fotovoltaicas) que se espera para el futuro. En el mismo informe, se ha discutido sobre las diferentes alternativas de asignación de la responsabilidad de predicción (y de los errores de predicción, con sus costes asociados) entre el operador del sistema y los agentes. Si se optara por responsabilizar todas o algunas plantas renovables de su predicción y desvíos, estos recursos deberían participar en la secuencia de mercados de corto plazo como las otras tecnologías. En este caso pasarían, entonces, de declarar una generación esperada a presentar ofertas de precio en el mercado diario basadas en su disponibilidad esperada y a actualizar su posición comercial en el mercado intradiario.

## **3. Redespacho**

En el actual diseño de mercado, los redespachos permiten actualizar el primer despacho económico programado, cuando la situación lo requiera para garantizar la seguridad de suministro y la eficiencia económica. Los redespachos actuales modifican los compromisos operativos de los agentes, pero no tienen ninguna repercusión a nivel comercial y económico.

La regulación limita las posibles causas de redespacho. La Resolución CREG025-1995 sólo consideraba las siguientes causas:

- Indisponibilidad de alguna de las unidades de generación despachadas.

- Aumento en disponibilidad, entrada de mantenimiento antes de lo programado o generación de plantas en pruebas. En estos casos se considera toda la planta hidráulica o unidad térmica con precio de oferta cero.
- Cambios topológicos que impliquen cambios en los límites de transferencias de las áreas operativas.
- Cambio en los valores de la demanda mayores de 20 MW ocasionados por eventos fortuitos.

Algunas Resoluciones posteriores han añadido nuevas causas de redespacho, relativas a las exportaciones e importaciones internacionales, a las pruebas de disponibilidad o a la necesidad de redespachar un recurso a mínimo técnico para minimizar los costes de operación en el día siguiente.

Para efectuar un redespacho, el operador aplica los mismos criterios y procedimientos utilizados para la determinación del despacho económico horario. Los cambios en las condiciones operativas que pueden ser considerados como causas de redespacho tienen que ser comunicados al operador por parte de los agentes con al menos una hora y media de antelación (alternativamente, esos cambios, de ser mayores del 5%, se considerarían desviaciones y serían penalizados).

### **3.1 Redespachos a través del mercado intradiario**

En el informe tres, al discutir el tratamiento de la disponibilidad comercial de los agentes y de las desviaciones en el nuevo diseño de mercado, se ha mencionado la necesidad de un cambio sustancial en la definición de estos conceptos. Lo mismo pasa, en la capa operativa, con los redespachos. Una vez definidos unos compromisos comerciales a través del despacho vinculante en el mercado diario, los cambios de las condiciones operativas que tengan lugar en el horizonte intradiario (desde el cierre del mercado diario hasta el *gate closure*<sup>2</sup>) tienen que ser absorbidos por el mercado intradiario, que los traducirá en un consecuente cambio de los compromisos comerciales.

Como ya se mencionó en el informe tres, el mercado intradiario permite asignar de manera eficiente los posibles sobrecostes que pueden derivar, por ejemplo, de un cambio de disponibilidad de un recurso de generación. Por esta razón, en el nuevo diseño de mercado, desaparece la necesidad de limitar las causas de redespacho.

Las subastas intradiarias establecen unos momentos específicos en los que se toman en consideración todos los cambios de condiciones operativas ocurridos a partir del cierre de la sesión de mercado anterior. Estos cambios no requieren ninguna justificación, pero tienen que estar sujetos a algún tipo de monitoreo que impida actuaciones estratégicas por parte de los agentes. El resultado de las subastas intradiarias es un nuevo despacho en la capa operativa y

---

<sup>2</sup> Los cambios de las condiciones operativas que aparezcan entre el *gate closure* y el tiempo real se analizan en la sección 4.

unos cambios de las posiciones de mercado en la capa comercial, que se liquidarán al precio casado en esa subasta.

Este diseño representa un cambio de filosofía importante con respecto al diseño actual, en el cual todas las operaciones en el horizonte intradiario se llevan a cabo en la capa operativa. En el nuevo diseño de mercado, aumenta enormemente el peso de la capa comercial en este horizonte, aunque ésta tenga que seguir intercambiando información con la capa operativa para incluir las restricciones técnicas en los resultados de las casaciones. Aunque, en Colombia, la operación del mercado y del sistema son ejecutadas por la misma empresa, a nivel teórico, se puede decir que, en el horizonte intradiario, su papel como operador del mercado es el que pasaría a tener un peso preponderante y que, en su papel como operador del sistema, tomaría el control a partir del último *gate closure*, como se analizará en la siguiente sección.

#### **4. Tratamiento operativo de los servicios complementarios**

Paralelamente a este proyecto, la Comisión de Regulación de Energía y Gas ha contratado también otro estudio, según los términos de referencia TDR-003-2018, titulado “*Consultoría para el análisis de los servicios complementarios para el sistema interconectado nacional (SIN)*”. El objetivo de este proyecto es avanzar propuestas de modificación de la regulación colombiana sobre servicios complementarios (o SSCC) preparando la misma para la elevada penetración renovable que se espera en la próxima década. Más específicamente, el proyecto tendrá que definir los servicios complementarios que se necesitarán en el futuro y proponer una metodología para su adquisición y para la asignación de sus costes.

En el informe tres, se ha analizado el tratamiento comercial de los servicios complementarios, se han identificado los solapes entre el diseño de mercado propuesto en este proyecto y el mercado de SSCC propuesto en el proyecto paralelo y se han avanzado recomendaciones sobre cómo alinear la operación de los dos mercados. También se ha discutido brevemente sobre cómo introducir la co-optimización de energía y reserva en el diseño de referencia.

En este informe hay que analizar el tratamiento operativo de los servicios complementarios. Sin embargo, en este ámbito, el solape con el proyecto de redefinición de los SSCC es mucho menor, porque existe una frontera más evidente, representada por el llamado *gate closure*. Como ya se ha mencionado en el informe dos, la secuencia de mercados genera un solape entre el horizonte de programación de diferentes sesiones. Sin embargo, cada sesión define un número de horas para las cuales, en cierto momento del día, sólo será posible comerciar en una sesión, porque no están cubiertas en el horizonte de oferta de la siguiente sesión. Para esas horas, el cierre de dicha sesión de mercado representa el *gate closure*, es decir, el último momento en el cual la posición comercial puede ser actualizada a través del mercado (Figura 2).

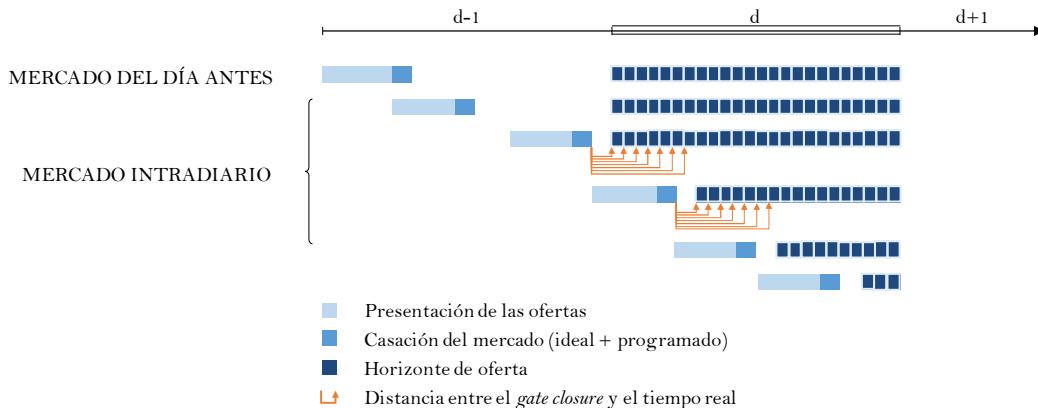


Figura 2. Representación de la secuencia de mercados y de la distancia entre el cierre de mercado y el tiempo real

El *gate closure* también representa la frontera operativa entre el último mercado intradiario de energía y el mercado en el que se casa el uso de los servicios complementarios cerca del tiempo real. Cualquier cambio de disponibilidad que se registre después del *gate closure* será considerado como un desvío. Este último podrá ser absorbido por el sistema o a través de un redespacho puramente operativo<sup>3</sup> o a través de la activación de las reservas. En todo caso, el desvío será liquidado por el operador del sistema a través del mecanismo de balance.

Los detalles operativos sobre la gestión de los desvíos después del *gate closure* y la activación de las reservas en el tiempo real son aspectos que exceden el alcance de este proyecto y que serán analizados en el marco de la redefinición de los servicios complementarios.

## 5. Referencias

CREG, Comisión de Regulación de Energía y Gas, 1995. Resolución 025 de 1995, por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.

CREG, Comisión de Regulación de Energía y Gas, 1995. Resolución 024 de 1995, por la cual se reglamentan los aspectos comerciales del mercado mayorista de energía en el sistema interconectado nacional, que hacen parte del Reglamento de Operación.

---

<sup>3</sup> Si el diseño de mercado considera un número reducido de subastas intradiarias, puede haber un intervalo de muchas horas entre el *gate closure* y el tiempo real. En este caso, si se produjera un cambio en la disponibilidad de una central despachada poco después del *gate closure*, el operador podría tener tiempo de reaccionar, llamando a producir otra central, y esto podría ser más económicamente eficiente que activar las reservas en el tiempo real. Este redespacho sería puramente operativo, porque no tendría una sesión de mercado correspondiente en la capa comercial y tendría que ser liquidado por el operador en el mecanismo de balance, a través de reglas que respeten el principio de causalidad en los costes.