

Optimización del despacho de contratos y transacciones en bolsa

Se presenta el desarrollo de un modelo de optimización para la estimación de la demanda contratada mediante contratos de largo plazo en el Mercado de Energía Mayorista de electricidad en Colombia.

*Por Ing. Juan Carlos Obando López

El modelo fue desarrollado para dar aplicación por parte del Administrador del mercado, a lo establecido en el parágrafo 1 del artículo 3 de la resolución CREG 135 de 1997, el cual establece lo siguiente:

Parágrafo 1o. Trimestralmente, el Administrador del SIC divulgará en un medio escrito de circulación nacional, los porcentajes de la demanda total estimada por la UPME para los siguientes seis (6) semestres, que a la fecha haya sido adquirida contractualmente.

El desarrollo consta de un modelo de optimización que realiza el despacho de los contratos vigentes (contratos registrados y prerregistrados) en un horizonte futuro, considerando las condiciones para la determinación de las cantidades a despachar particulares de cada contrato.

El documento se desarrolla en dos partes, en la primera se presenta la formulación matemática y en la segunda los resultados obtenidos, presentando las pruebas de ajuste del modelo con respecto a los procedimientos de liquidación que en la actualidad son utilizados para la liquidación de los contratos. Se presentan los resultados para la estimación de la demanda de electricidad contratada para el período enero de 2007- diciembre de 2009.

Planteamiento del problema

En la actualidad, la flexibilidad que se presenta en el esquema de contratación, ha posibilitado a los agentes introducir mecanismos de cobertura que facilitan el manejo de los riesgos inherentes a la actividad de comercialización de electricidad desarrollando mecanismos contractuales con reglas que condicionan el despacho de los contratos:

- Condiciones de precios: Cada vez es más la cantidad de contratos cuyo despacho está asociado al cumplimiento de condiciones de precios. La mayoría son asociados al precio de bolsa y otras variables del mercado, lo que hace complejo determinar un despacho futuro basado en la evaluación de la regla de despacho.

- Condiciones de cantidades: Mediante un balance financiero los contratos respaldan otras obligaciones comerciales y en ocasiones la cantidad a despachar es condicionada a variables del mercado como la generación de los recursos de generación representados por un agente o cantidades asociadas a la demanda de un grupo de usuarios.

Bajo estas condiciones de contratación y para efectos de realizar una estimación futura de la demanda de electricidad contratada que refleje con mayor exactitud la realidad del despacho de los contratos, se implementó un modelo de optimización para el despacho de contratos, utilizando la herramienta para el modelado matemático OPL, considerando los siguientes supuestos básicos:

- Las condiciones de despacho asociadas con precios no serán consideradas, dadas las dificultades que representa simular la variabilidad de los precios de bolsa horarios y el horizonte de tiempo de la estimación requerida por la resolución CREG 135 de 1997.
- Como datos básicos de generación y demanda, se utilizó el promedio de los últimos seis meses facturados por el ASIC, para cada agente, a los cuales se les aplica los porcentajes de crecimiento mensuales estimados por la UPME para el horizonte de simulación en el escenario medio.
- Los usuarios representados por cada comercializador permanecen con el mismo proveedor durante todo el horizonte de simulación.
- Se incluyen tanto los contratos registrados como los prerregistrados y que estarán vigentes en el horizonte de tiempo de simulación.

Formulación matemática

Las variables de decisión corresponden a la energía despachada en cada contrato vigente para el período de simulación, identificando adicionalmente las transacciones en bolsa como producto de los balances financieros de energía.

Para la formulación del modelo se utiliza la siguiente notación:

Subíndices

a y c : subíndices que identifican a cada agente (a) y cada uno de los contratos (c) vigentes en el período de simulación.

Parámetros

DC_a : Demanda Comercial Total representada por el agente a

T_c : Valor máximo (Tope) por el cual se puede despachar el contrato c

Conjuntos

CPC : Conjunto de contratos del tipo pague lo contratado.

$CPDCT$: Conjunto de contratos del tipo pague lo demandado con tope.

$CPDST$: Conjunto de contratos del tipo pague lo demandado sin tope.

Variables de decisión

CB_a : Compras en bolsa del agente a

VB_a : Ventas en bolsa del agente a

$Desp_c$: Magnitud del despacho del contrato c

CC_a : Compras en Contratos del agente a , equivalente a la suma del despacho $Desp_c$ de todos los contratos en donde el comprador es a .

VC_a : Ventas en Contratos del agente a , equivalente a la suma del despacho $Desp_c$ de todos los contratos en donde el vendedor es a .

Considerando que el objetivo de este modelo es el de identificar la demanda de electricidad cubierta mediante contratos de largo plazo, se plantea la siguiente función objetivo:

Función objetivo

$$\text{Min} \sum_a (CB_a + VB_a) + \sum_a (DC_a - CC_a)$$

Sujeto a:

$$DC_a + VC_a + VB_a = GI_a + CC_a + CB_a \quad (i)$$

$$Desp_c = T_c \quad \forall c \in CPC \quad (ii)$$

$$Desp_c \leq T_c \quad \forall c \in CPDCT \quad (iii)$$

$$Desp_c \leq DC_a \quad \forall c \in CPDST \quad (iv)$$

El objetivo es realizar el despacho de cada contrato, con independencia de las condiciones de precios que se puedan presentar, siempre que las condiciones de cantidad se cumplan. La función objetivo se plantea como un problema de minimización de las compras y ventas en la bolsa $\sum_a (CB_a + VB_a)$, de cada uno de los agentes, lo que es equivalente a maximizar el despacho de los contratos vigentes para el período simulado.

Se introduce en la función objetivo una componente de control $\sum_a (DC_a - CC_a)$ que garantiza para cada agente, minimizar la demanda no atendida con contratos.

En el modelo se identifican cuatro grupos de restricciones que describen las características de cada uno de los contratos y las condiciones de despacho asociadas.

Restricciones de balance de energía

Garantiza que las transacciones comerciales de todo el mercado cierren económicamente, identificando las variables de decisión correspondientes a las cantidades de compras y ventas en bolsa de cada agente.

Restricciones de cantidad asociadas a los contratos pague lo contratado

Con este grupo de restricciones se asegura que el valor que debe tomar la variable de decisión $Desp_c$ sea igual a la cantidad contratada para todos los contratos del tipo pague lo contratado.

Restricciones de cantidad asociadas a los contratos pague lo demandado con tope

Este grupo de restricciones se constituye en un valor máximo para la variable de decisión $Desp_c$ para todos los contratos pague lo demandado con un tope definido.

Restricciones de cantidad asociadas a los contratos pague lo demandado sin tope

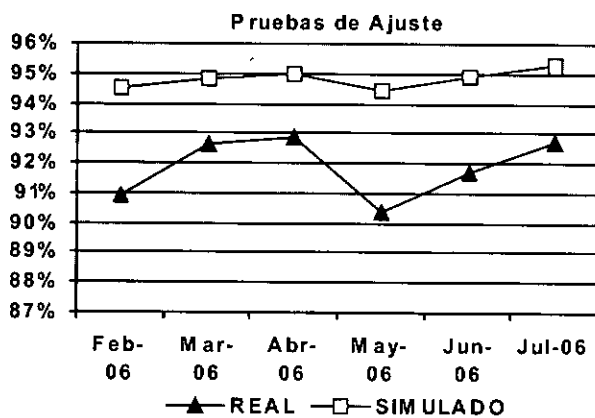
Dado que no hay un tope definido para este tipo de contratos, se establece como valor máximo de la variable de decisión $Desp_c$ la demanda comercial del agente comprador.

El modelo no considera las condiciones de precios para el despacho de los contratos del tipo pague lo demandado, siguiendo el orden de mérito de precios, ya que el objetivo del desarrollo es el de determinar la cantidad de las compras totales en contratos de cada agente. Si bien, para cada contrato individual el valor del despacho simulado no es equivalente con el valor real que se sucedería en la liquidación (con la aplicación de las reglas de precios determinadas en la resolución CREG 024 de 1995), de acuerdo con los resultados obtenidos se identifica que el resultado

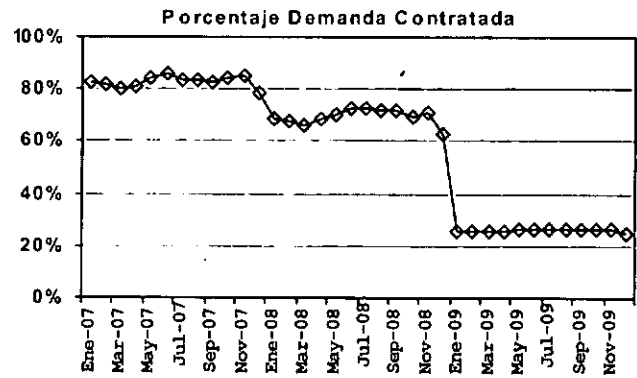
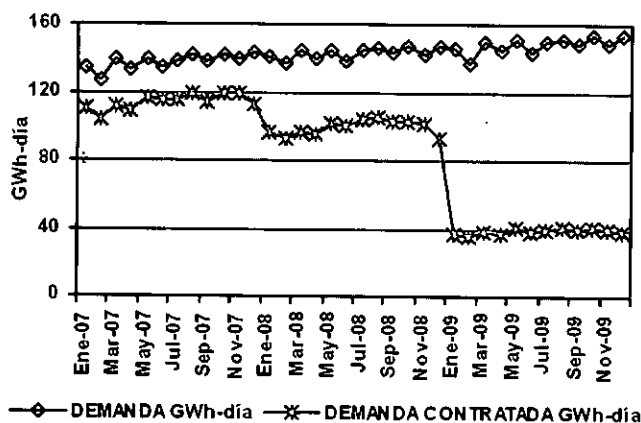
de las variables de decisión asociadas con la exposición a las volatilidades de la bolsa (compras y ventas totales en bolsa) se ajustan a los valores reales de la liquidación realizada por el administrador del mercado.

Resultados

Los resultados del modelo fueron verificados realizando la liquidación de información histórica y comparando con respecto a los resultados de la liquidación realizada por el administrador del mercado. En la siguiente gráfica se presentan los resultados de las pruebas de ajuste del modelo para un período de 6 meses comprendido entre febrero y julio de 2006.



En los siguientes gráficos se presentan los resultados obtenidos para el horizonte de simulación correspondiente al período enero de 2007 – diciembre de 2009, los cuales son consecuentes con el comportamiento histórico del Mercado de Energía Mayorista, mostrando que la contratación de largo plazo se realiza con duraciones de entre 1 y dos años.



Dados los resultados del modelo, el desarrollo se ha convertido en una herramienta de gestión para el administrador del mercado, posibilitando la estimación de las transacciones futuras en bolsa de cada agente e identificando los riesgos asociados a cada agente por la exposición a las volatilidades de los precios de la bolsa.

Bibliografía

- The OPL Optimization Programming Language, The MIT Press, 1999, Cambridge, Massachusetts
- Demanda Contratada, Informe Tercer Trimestre de 2006. www.xm.com.co
- Documento UPME, Proyección de Demanda de Energía Eléctrica y Potencia, Revisión julio de 2006.

**Juan Carlos Obando López. Analista Comercial de la Dirección Transacciones Comerciales de XM, Compañía de Expertos en Mercados. Con experiencia profesional desarrollada en empresas del sector eléctrico e industrial en Colombia, específicamente en la administración de riesgos, desarrollo de herramientas para el soporte a la toma de decisiones, modelamiento matemático de mercados, optimización de procesos productivos, definición de estrategias comerciales, diseño de mercados. jacobando@xm.com.co*