



BSERVATORIO Colombiano de Energía

Publicación trimestral

julio • septiembre 2007

El Observatorio Colombiano de Energía (OCE) hace parte del Centro de Investigaciones para el Desarrollo (CID) de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y funciona en asocio con las Facultades de Ingeniería y Ciencias Económicas de la Universidad Nacional en Bogotá, y con la Facultad de Minas de la Universidad Nacional en Medellín. Los profesores e investigadores participantes son expertos, consultores y analistas de la coyuntura minero-energética y de la modelación de los mercados energéticos.

Este Boletín está clasificado en la Categoría C de Colciencias.

Editor

Germán Corredor Avella
Profesor Asociado
Universidad Nacional de Colombia

Coordinador Editorial

Raúl Ávila Forero

Asistente Editorial

Diana Caruso López

Comité Editorial

Klaus Binder

Carmenza Chahín

Isaac Dyrer

Mario García

Astrid Martínez

Héctor Pistonesi (Bariloche)

Alicia Puyana (Flacso México)

Philip Wright (Universidad Sheffield)

Decano Facultad de Ciencias Económicas

Álvaro Zerda Sarmiento

Vicedecano Académico

Gustavo Junca

Director del CID

Germán Umaña Mendoza

Subdirectora del CID

Adriana Rodríguez Castillo

Observatorio Colombiano de Energía

Cll 26ª No 34A-10

Bogotá, D.C. Colombia

Teléfono: (57) (1) 3684821, ext. 102/107

Páginas web

www.cid.unal.edu.co

Correo electrónico

obsce_bog@unal.edu.co

Contenido

Editorial

Germán Corredor Avella

2

Una aplicación del filtro de Kalman y series de tiempo estructurales a la demanda de electricidad en Colombia.

Fernando Arias Rodríguez

Raúl Ávila Forero

Edwin García Villamizar

John Jairo León Díaz

3

Reseñas

Nuevas perspectivas de la integración energética en América del Sur. ¿cambios paradigmáticos en la integración energética regional?. Milko Luis González Silva, Coordinador.

Diana Larisa Caruso

Retos y Perspectivas de la Integración Energética en América Latina. Kurt-Peter Schütt, Flavio Carucci, Coordinadores.

Edwin García Villamizar

15

Indicadores Energéticos

19

Pautas para autores

23

CID Centro de Investigaciones para el Desarrollo



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS



Editorial

Próximos a terminar el año 2007, es propicio hacer balances. En este caso conviene hacer un balance de los temas centrales de la agenda energética antes de finalizar el año.

A nivel internacional, sin lugar a dudas, el hecho central estuvo constituido por los altos precios del petróleo. Se ha llegado a cifras históricas que bordearon los US100 por barril. Estos altos precios, sostenidos durante más de tres años, empiezan a considerarse como estructurales. El gran crecimiento de la demanda en China e India, han jalonado los precios al alza, pero también los efectos de la guerra de Irán y el manejo de las cuotas de la OPEP. La gran pregunta de los analistas es cuánto más subirá el precio y si finalmente cuándo se estabilizará en algún valor y en qué nivel. Se especula que el precio se mantendrá alrededor del los 60 o 70 dólares por barril y que precios menores no se tendrán, al menos en el mediano plazo.

Este alto precio, además de las enormes rentas que produce a las grandes compañías petroleras y a los países productores, genera movimientos muy importantes de recursos hacia la investigación en nuevas formas de combustibles, hacia procesos de sustitución energética, políticas de Uso Racional de Energía y desarrollo de fuentes no convencionales.

Para Colombia, ha resultado benéfico en términos generales, porque por primera vez un alto precio del crudo sucede en momentos en que el país tiene excedentes para la exportación. Sin embargo esta bonanza que ha generado grandes recursos para las finanzas públicas, por regalías e impuestos y para ECOPETROL por la producción directa y asociada con otras empresas, podría terminarse en poco tiempo si no se descubren nuevas reservas que permitan, al menos, mantener el equilibrio entre producción y demanda.

Igualmente otro impacto que se ha sentido en sentido negativo es el alza de los precios de la gasolina que afecta en alguna medida el nivel general de los precios por su peso en los costos del transporte.

Adicionalmente, el precio del gas que a nivel internacional ha subido en forma importante, ha recibido claras presiones en el país para que suba o se libere, ya que hoy es regulado por la CREG. De hecho la primer subset de gas que se hizo en forma libre pro-

dujo precios mucho más altos que los fijados por la Comisión. Tal vez esta presión al alza ha impulsado la sensación existente en sectorial de escasez del gas, lo cual parece más artificial que real. En todo caso se trataría de un problema de corto plazo que tiene solución con incrementos viables de producción en Cusiana y Guajira. Una mala noticia, por ahora, fue el resultado del primer pozo exploratorio en el Contrato Tayrona que resultó seco. Ojala próximas perforaciones sean exitosas, pues el país requiere urgentemente el incremento de las reservas.

Es otro hecho importante el exitoso proceso de capitalización de ECOPETROL cuyos resultados estarán por verse en el futuro.

En el sector carbón, continuó la bonanza para las compañías privadas que explotan el recurso. En el presente año se va a llegar a cerca de las 70 Millones de toneladas exportadas, a un buen precio, producto no solo de las alzas del precio del petróleo, sino sobre todo del incremento en los fletes marítimos a nivel mundial.

En el sector energía eléctrica se destacan dos hechos: por una parte, el alto precio de la energía en el mercado mayorista, provocado aparentemente por el incremento de la demanda y la menor brecha entre la demanda máxima y la capacidad instalada. El otro tema ha sido el proceso de venta de las electrificadoras de Santander, Norte de Santander, Boyacá, Meta y Cundinamarca. A la hora de escribir este editorial, existen nubarrones sobre el proceso por observaciones de la Contraloría sobre la indefinición de las tarifas, lo cual generaría posible detrimento patrimonial al venderlas con un riesgo mitigable por el gobierno nacional.

Los retos del próximo años seguirán siendo el incremento de la exploración (ojala con nuevos descubrimientos) petrolera y gasífera, el impulso en el Uso Racional de Energía, la subasta de capacidad eléctrica a realizarse en mayo que definirá la construcción de nuevas plantas de generación, la definición de las tarifas para las empresas de transporte y de distribución, el desarrollo de la política de comercialización, las señales en transporte y suministro de gas y la ampliación de la capacidad exportadora de carbón con adecuado manejo ambiental. Esperemos que este cierre sea un buen año para el sector y para el país ☺



Una aplicación del filtro de Kalman y series de tiempo estructurales a la demanda de electricidad en Colombia*

Fernando Arias Rodríguez

Economista Universidad Nacional de Colombia.
fariasr@bt.unal.edu.co

Raúl Andrés Ávila Forero

Investigador. Observatorio Colombiano de Energía. OCE – CID.
raavilaf@bt.unal.edu.co

Edwin García Villamizar

Técnico en Regulación, Dirección de Estudios y Regulación. Gas Natural E.S.P. S.A.
ejgarcia@bt.unal.edu.co

John Jairo León Díaz

Consultor. Economista Universidad Nacional de Colombia.
jjleondi@bt.unal.edu.co

Fecha de recepción: 1 de septiembre. Fecha de aceptación: 21 de septiembre

Resumen:

Este documento muestra una revisión de la literatura sobre la evolución de las diferentes técnicas de estimación de demanda de energía hasta llegar al Filtro de Kalman. Adicionalmente, se presentan estimaciones realizadas para proyectar la demanda de energía total en Colombia; el ejercicio mostrado está diseñado con un horizonte de proyección mensual y para un período de dos años, utilizando series de tiempo estructurales que involucran el uso de Filtros de Kalman.

Palabras Clave:

Proyección demanda, electricidad, series de tiempo estructurales, Filtro de Kalman.

Abstract:

This paper surveys literature related to the evolution of some different techniques used to estimate energy demands. Additionally, it introduces structural time series to forecast the demand of total energy in Colombia. This exercise is designed to make prediction in a two years horizon, making estimations through Kalman Filter.

Key Words:

Projection demands, electricity, structural time series, filter of Kalman.

Clasificación JEL: C13, C32, L94, Q41

* Contacto al Observatorio Colombiano de Energía. Centro de Investigaciones para el Desarrollo CID. E- mail: segumei_nal@unal.edu.co
Teléfono: 3684821 Exts. 102 – 107.



Introducción

El rápido desarrollo de las economías y la importancia de la electricidad como pieza clave para su funcionamiento, hacen que la planeación energética tome vital importancia en los procesos de definición estratégica de crecimiento de los países. Es por ello que hoy en día los análisis de series de tiempo juegan un papel preponderante como herramienta que permite anticipar las necesidades de demanda energética.

Los análisis de series de tiempo se enmarcan en poder describir el comportamiento de la demanda a partir de la descomposición de ésta en sus componentes no observables como las tendencias, la estacionalidad y los ciclos entre otros. Es tradicional asumir en este tipo de estimaciones que las tendencias son determinísticas y pueden ser capturadas mediante la inclusión de líneas rectas. A diferencia de este enfoque, Harvey (1985) señala que, a menos que los períodos de estudio sean lo suficientemente cortos, estas tendencias no pueden ser capturadas adecuadamente por líneas rectas, de manera tal que la inclusión de tendencias lineales determinísticas puede llegar a ser algo restrictivo. Harvey sugiere entonces la inclusión de tendencias estocásticas que evolucionan lentamente en el tiempo, a partir del uso de la metodología conocida como “series de tiempo estructurales”.

El análisis de series de tiempo estructurales asume que, tanto los parámetros que caracterizan la pendiente como el nivel, cambian a lo largo del tiempo. Para este propósito se supone que el proceso generador de datos asociado a cada uno de estos parámetros sigue una caminata aleatoria.

Las aplicaciones de las series de tiempo estructurales se han extendido a un amplio número de campos. Particularmente, en los últimos años ha surgido un interés creciente por su aplicación a la demanda de energía, en cuanto ésta puede capturar dos de los elementos característicos de las series de energía: en primera instancia el rol del progreso técnico y la estacionalidad no determinística, componentes no observables en algunos casos.

El desarrollo del documento parte con una breve revisión de la literatura sobre la metodología y evolución aplicada a las estimaciones de demanda de energía, luego describe de forma detallada la estructura, construcción y estimación de las series de tiempo estructurales, y finalmente presenta una aplicación a la demanda de energía en Colombia con algunas conclusiones y ejes temáticos a estudiar en un futuro.

Estimaciones de Demanda de Energía: Una revisión de Literatura

Dentro de la literatura moderna, uno de los principales factores que se destacan en la estimación de demandas futuras de energía es la necesidad de inclusión de una medida que explique la evolución de la eficiencia o el progreso técnico, los cambios en los gustos del consumidor y las variaciones estacionales de la demanda, sin olvidar los tradicionales factores como son el precio de la energía y el nivel de ingreso de la economía.

En 1981 Beenstock y Willcocks aportan una metodología que incluye una tendencia determinística para capturar los cambios en la productividad, destacando que la exclusión de este tipo de variable puede conllevar a subestimaciones de las elasticidades de largo plazo de la energía. En 1983, Kouris avoca por la exclusión de la tendencia determinística, al considerarla una mala aproximación del cambio técnico, para Kouris el progreso técnico esta asociado directamente por la simple inclusión de la variable precio.

En 1989, Welsh sugiere qué, la inclusión de una variable proxy débil debe generar aún mejores resultados que su propia exclusión, este autor concluyó a partir de un análisis panel, que al incluir tendencias determinísticas se da la existencia de un grado de heterogeneidad tan amplio que imposibilita que una única ecuación describa satisfactoriamente la demanda de energía de cada región.

Los análisis sobre la demanda de energía tomarían un giro radical luego de la aparición de los trabajos de Hunt et al en 1999, quienes ampliaron el rango de variables exógenas que pueden determinar el comportamiento de la demanda de energía. Estos



autores argumentan que tanto las presiones ambientales como regulatorias, los estándares de eficiencia energética, la sustitución de trabajo, capital y materias primas como insumos de energía y los cambios en los gustos que pueden conllevar a situaciones de mayor o menor demanda de energía, deberían ser incluidos en el proceso de estimación.

Estos autores a partir de un análisis que emplea Series de Tiempo Estructurales, concluyen que el progreso técnico proviene de un número de factores exógenos los cuales podrían no obstante ser inducidos por choques en precios e ingresos.

En 2005 Bernard et al, retomando el trabajo de Hunt et al 2006 especifican un modelo de tendencia aleatoria para la ciudad de Québec, con el fin de estimar las elasticidades tanto de ingreso como de precio. Hunt y Al-rabbaie en 2006 afirmaron que la manera de poder incluir los elementos no observables dentro de la demanda de energía, sería mediante la estimación de Series de Tiempo Estructurales, para el caso particular de los países de la OECD. De esta manera se hacen aproximaciones vinculando la influencia de fenómenos no observados como los cambios en las preferencias de los consumidores, la estructura económica, las variables socioeconómicas, entre otras a la estimación de las elasticidades de la demanda de energía.

Si bien es cierto que hasta este punto los ejercicios han propendido por determinar las elasticidades de la demanda de energía asociada a sus componentes, Blaconá y Abril (2003) estimaron la demanda diaria de energía para Argentina generando pronósticos acertados para sus valores diarios. El modelo usado por los autores considera una tendencia estocástica, además componentes estacionales, ciclos y la temperatura como variable explicativa. Los autores encuentran que el pronóstico de la demanda de energía mediante el uso de Series de Tiempo Estructurales, al incluir tanto los determinantes observables como no observables dentro de la demanda genera pronósticos satisfactorios, relacionados a bondades de ajuste altas tanto en la estimación como en la predicción, además la interpretabilidad de los componentes está bastante relacionada con las prescripciones teóricas.

De esta manera se abren nuevos espacios para generar pronósticos más acertados de la demanda de energía, al incluir de una manera más flexible y amplia los determinantes de la misma. Este hecho genera que los pronósticos generados mediante esta herramienta sean radicalmente superiores a los que pueden ser realizados con el uso de técnicas como las series de tiempo estándares (Modelos ARIMA) o inclusive a los enfoques que abocan por relaciones de cointegración.

Las Series de Tiempo Estructurales

De acuerdo con el método de Harvey, para análisis de series de tiempo, estas pueden dividirse en 4 componentes distintos: Tendencia, Ciclo, Estacionalidad y Componente Irregular. A partir de esta forma de abordar un conjunto de datos, surge una metodología de descripción, análisis y pronóstico de series de tiempo, conocido como el enfoque de *Series de Tiempo Estructurales*. Entre sus más grandes representantes se encuentran figuras como la de Neil Shephard y Andrew Harvey¹, quizás el personaje que más aportes le ha dado a esta corriente.

Este enfoque asume que una serie de tiempo se compone de una tendencia, un ciclo, un factor de estacionalidad y un conjunto de distorsiones que, a primera vista, se asumen como *no observados*. El objetivo es, pues, estimar a cada uno de estos factores mediante una apropiada caracterización de su comportamiento. Dicha caracterización puede resumirse de la siguiente manera: cada componente se determina a través de un modelo de regresión, en donde cada una de las variables dependen del tiempo y sus respectivos coeficientes varían a cada instante.

Para poder solucionar las ecuaciones de cada uno de los elementos que componen a una serie de tiempo, es necesario acudir a la representación *estado-espacio* de éstas, la cual se soluciona a través de la aplicación del *Filtro de Kalman*. Este filtro opera de

¹ Andrew Harvey es un famoso y reconocido Profesor de Econometría de la Facultad de Economía de la Universidad de Cambridge que ha trabajado y escrito un gran volumen de literatura pionera sobre el análisis de series de tiempo estructurales y la utilización de Filtros de Kalman.



forma recursiva a través de un mecanismo de estimación y corrección de dicha estimación. El objetivo es buscar la predicción más eficiente del sistema en cada momento del tiempo, por lo que continuamente, y a medida que se añade una nueva observación, el algoritmo estima y corrige (minimiza el error de predicción) el pronóstico hecho por el sistema.

Formulación Estadística:

La ecuación que caracteriza a una serie de tiempo estructural es:

$$Y_t = \mu_t + \psi_t + \gamma_t + \varepsilon_t, t = 1, 2, \dots T. \quad (1.1)$$

Donde:

μ = Tendencia.

Ψ = Ciclo

γ = Estacionalidad

ε = Irregular

Todos los componentes se asumen como estocásticos y además que sus términos de perturbación no se encuentran correlacionados entre sí. A su vez, cada componente se determina a partir de un conjunto de ecuaciones descritas a continuación:

- **Tendencia:** este componente se determina así:

$$\mu_t = \alpha + \beta \cdot t. \quad (1.2)$$

Con: $\mu_t = \mu_{t-1} + \beta$

$\mu_0 = \alpha$.

Sin embargo, y al asumir que cada uno de estos componentes es aleatorio, es necesario incluir un término de perturbación a cada uno de los determinantes de la tendencia, así:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t. \quad (1.2.1)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \zeta_t \quad (1.2.2)$$

Donde los dos términos de perturbación son ruido blanco, con media cero, varianzas $(\sigma\eta)^2$ y $(\sigma\zeta)^2$ respectivamente y no correlacionados mutuamente. El efecto de cada una de estas perturbaciones es mover tanto el nivel como la pendiente de la tendencia, permiti-

tiendo que esta sufra de choques que la saquen de su trayectoria de largo plazo²

- **Ciclo:** puede expresarse como una mezcla de funciones seno y coseno que dependen de dos parámetros: α y β .

$$\Psi_t = \alpha \cdot \cos \lambda_c t + \beta \cdot \sin \lambda_c t \quad (1.3)$$

Donde $2\pi/\lambda_c$ determina el período del ciclo, $(\alpha^2 + \beta^2)^{1/2}$ define el tiempo transcurrido entre pico y pico (valle y valle), es decir, la amplitud del ciclo y $\tan^{-1}(\beta/\alpha)$ define la fase del ciclo. La forma recursiva para estimar este componente es:

$$\begin{pmatrix} \Psi_t \\ \Psi_t^* \end{pmatrix} = P \begin{pmatrix} \cos \lambda_c & \sin \lambda_c \\ -\sin \lambda_c & \cos \lambda_c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Psi_{t-1} \\ \Psi_{t-1}^* \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \kappa_t \\ \kappa_t^* \end{pmatrix} \quad (1.3.1)$$

Donde κ y κ^* son los términos de perturbación asociados al ciclo; estos tienen una varianza común e igual a $(\sigma\kappa)^2$ y no están mutuamente correlacionados. P es un factor de amortiguamiento, el cual se encuentra en el intervalo $[0, 1]$. La forma en la que se concibe este ciclo es bastante interesante, en la medida en que se asume que está determinado por unas funciones armónicas, las cuales se ven ocasionalmente afectadas por choques estocásticos que las hacen cambiar su amplitud, período e intensidad.

- **Estacionalidad:** Existen, bajo esta metodología, tres formas distintas de modelar estacionalidad: La primera asume que los factores estacionales son determinísticos, lo cual implica, entre otras condiciones³, que la suma de éstos es igual a cero; la segunda permite que los términos estacionales cambien a través del tiempo a través del supuesto de que la suma de estos factores en el período $t-i$ con $i = 1, 2, \dots, x$ (con $x = 4$ o 12 , dependiendo la frecuencia en que se encuentren las observaciones) sea igual a un término de perturbación ω_t con media

2 Estos choques pueden ser el producto de adelantos tecnológicos, cambios en los gustos y preferencias de los individuos, etc.

3 Entre dichas otras condiciones es posible encontrar: que conserven el promedio de la serie original, que los componentes estacionales sean ortogonales entre sí, que el resultado de aplicar el método a una serie desestacionalizada no sean nuevos factores estacionales. Al respecto ver Soto (2002).

cero y varianza $(\sigma_\omega)^2$. Así, si definimos s como el número del período estacional, se tiene que:

$$\sum_{j=1}^{s-1} \gamma_{t-j} = \omega_t \text{ o } \gamma_t = -\sum_{j=1}^{s-1} \gamma_{t-j} + \omega_t \quad (1.4.1)$$

Finalmente, este componente puede modelarse como un conjunto de factores estacionales que siguen un patrón marcado por funciones trigonométricas en las frecuencias estacionales, $\lambda_j = 2\pi j/s$, con $j = 1, 2, \dots, [s/2]$. De esta forma, la estacionalidad en cada momento t se define como:

$$\gamma_t = \sum_{j=1}^{[s/2]} (\gamma_j^* \cos \lambda_j t + (\gamma_j)^* \sin \lambda_j t) \quad (1.4.2)$$

La estimación de este sistema se realiza de forma recursiva, partiendo del siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{pmatrix} \gamma_{j,t} \\ \gamma_{j,t}^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \lambda_j & \text{sen} \lambda_j \\ -\sin \lambda_j & \cos \lambda_j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \gamma_{j,t-1} \\ \gamma_{j,t-1}^* \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \omega_{j,t} \\ \omega_{j,t}^* \end{pmatrix} \quad (1.4.3)$$

Donde $\omega_{j,t}$ y $(\omega_{j,t})^*$ son términos de perturbación con media cero, varianza $(\sigma_\omega)^2$ y no autocorrelacionados entre sí⁴.

El residuo de la estimación de estos componentes y la serie original se constituye en el término irregular, el cual se asume como una variable i.i.d. Si esto es así, el objetivo de la metodología es estimar los hiperparámetros del sistema, definidos como las varianzas de cada uno de los términos de perturbación que aparecen en las ecuaciones de determinación de los componentes no observables de una serie de tiempo. Dichos hiperparámetros pueden ser estimados a través de máxima verosimilitud. Una vez se han predicho los hiperparámetros, la representación *estado-espacio* permite construir los componentes no observados de la serie y sobre esta base, hacer predicciones acerca del comportamiento futuro de la misma.

Representación Estado-Espacio y el Filtro de Kalman:

Se ha dicho hasta ahora que cada uno de los componentes de una serie de tiempo estructural debe plantearse en su respectiva forma de estado-espacio; ello facilita una estimación consistente de los mismos a través del uso del filtro de Kalman. Es tal la cercanía entre estos dos conceptos, que muchas veces se nombra a uno para hablar del otro.

En términos generales, el filtro de Kalman puede definirse como un algoritmo matemático que opera a través de un mecanismo de estimación y de corrección de dicha estimación. "En esencia, este algoritmo pronostica el nuevo estado a partir de su estimación previa añadiendo un término de corrección proporcional al error de predicción, de tal forma que este último es minimizado estadísticamente" (Solera 2003). Este funciona de la siguiente manera: en cada instante del tiempo, el filtro estima el estado del sistema en el período t , a partir del conjunto de información disponible en $t-1$. Luego, actualiza dicha estimación utilizando nueva información adicional disponible en t . este procedimiento lo hace a cada instante, por lo que el estado final del sistema se consigue de forma recursiva. Así, el filtro permite estimar tanto las ecuaciones que caracterizan el estado del sistema como la ecuación de medida del mismo.

El objetivo de esta metodología es lograr estimadores lineales, insesgados y óptimos (el de menor error de predicción) y es posible realizarla a través de Mínimos Cuadrados Recursivos, inventada por Gauss en el siglo XIX pero puesta de moda en la mitad del siglo XX por Kalman. Esta forma de estimación recalcula continuamente el estado del sistema cada vez que es añadida una observación adicional. Con esto se logra generar toda una trayectoria del sistema a lo largo del período muestral. Esta técnica es algo robusta y sus ecuaciones son difíciles de manejar. Sin embargo, su capacidad de estimar y predecir el estado de un sistema, cuya naturaleza no es plenamente identificada hace que exista un extraño e innegable atractivo en ella.

Principales ecuaciones

Considérese el siguiente sistema de estado-espacio, en donde se pretende estimar S a partir de sus ecuaciones

4 Para más información acerca de esta interesante forma de estimación de la estacionalidad, ver Harvey (et al, 1993), capítulo 4.



de estado y de transición o medida⁵, $S_t = AS_{t-1} + \varepsilon_t$ y $M_t = BS_t + \eta_t$, respectivamente⁶. El filtro de Kalman opera a partir de dos conjuntos de ecuaciones: las de pronóstico y las de corrección del pronóstico. Las primeras se encargan de estimar el nuevo estado a partir de su pasado y de arrojar una primera estructura de la matriz de covarianzas asociada al sistema. Las ecuaciones de corrección se encargan de minimizar el error de predicción y de actualizar la matriz de covarianzas de estado.

Fig. No 1: Ecuaciones características del filtro de Kalman

Ecuaciones de Pronóstico:

$$S_t^* = AS_{t-1}^*$$

$$P_t^* = AP_{t-1}^*A^T + Q$$

Ecuaciones de Corrección:

$$K_t = P_t^* B^T (BP_t^* B^T + R)^{-1}$$

$$\hat{X}_t = \hat{X}_t^* + K_t (Z_t - B \hat{X}_t^*)$$

$$P_t = (I - K_t P) P_t^*$$

Fuente: Solera (2003).

Para estimar los momentos de ε_t y η_t , es necesario tener un vector inicial de todos los parámetros del sistema; por ello, es necesario generar los primeros valores de A , B , P , $(\sigma_\varepsilon)^2$ y $(\sigma_\eta)^2$. Una vez se ha cumplido con este requisito, estos hiperparámetros son estimados a través de *Máxima Verosimilitud*, mediante la maximización de la ecuación tradicional:

$$Lni(\delta) = -\frac{KT}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T [\ln |\Sigma_t(\delta)| + e_t(\delta)' \Sigma_t(\delta)^{-1} e_t(\delta)]$$

Donde δ es igual al vector de hiperparámetros del sistema.

Aplicación a la Demanda de Electricidad en Colombia

El consumo energético final de Colombia se ha incrementado en valores cercanos a un 30% entre 1990 y el primer semestre del 2007; la capacidad instalada de generación no ha presentado grandes variaciones desde 2002 ni en plantas hidráulicas ni en térmicas. Según datos de la UPME (2007), en los últimos 10 años, el crecimiento promedio de la demanda de energía eléctrica ha estado alrededor de 2.9% anual y el de la demanda de potencia alrededor de 2.3% anual. Si se mira el crecimiento de éstos indicadores en los últimos años, los valores se han incrementado respaldados por la reactivación económica en el país. La misma UPME señala en el Plan Energético Nacional 2006-2025 que la tasa de crecimiento de las proyecciones de demanda de energía eléctrica evolucionará a un ritmo inferior que el PIB, lo que sugiere procesos de sustitución y de mayor eficiencia, estimando que la tasa de crecimiento interanual alcance el 3.3% en el intervalo de análisis del año 2008 al año 2025.

En esta sección se aplica la metodología anteriormente expuesta a la estimación de la demanda por electricidad en Colombia en el período comprendido entre Enero de 2001 a Junio de 2007 con periodicidad mensual⁸. El primer paso consiste en determinar la naturaleza de la tendencia asociada a la serie a modelar. Para ello, se calcula diferentes pruebas de raíz unitaria, cuyos resultados se muestran a continuación:

Prueba de Dickey-fuller con Tendencia Determinística + Seasonal Dummies

ADF Test for series: Demanda de Energía

Rango Muestra: [2000 M4, 2007 M6]

Diferencias Incluidas: 2

intercept, time trend, seasonal dummies

asymptotic critical values

1% 5% 10%

-3.96 -3.41 -3.13

value of test statistic: **-3.7647**

regression results:

5 Que no es otra cosa que su ecuación de estado.

6 Se asume que las perturbaciones son variables *i.i.d.* con media cero, varianza $(\sigma_\varepsilon)^2$ y $(\sigma_\eta)^2$ y correlación nula entre sí.

7 En la medida en que se asume que ε y η son ruido blanco, es necesario únicamente generar valores iniciales de sus respectivas varianzas.

8 Los datos utilizados para la estimación del pronóstico de demanda de energía para Colombia son obtenidos de la Página Web de la UPME: <http://www.upme.gov.co> y de la página Web de XM <http://www.xm.com.co>

Según los resultados, a un nivel de significancia del 5%, existe la suficiente evidencia estadística como para rechazar la hipótesis nula por lo que se concluye que la serie es estacionaria pero con una tendencia determinística. Sin embargo, al 10% de nivel de significancia existe evidencia estadística como para no rechazar la hipótesis nula, por lo que en dicho caso se concluiría que sí existe una raíz unitaria. Para despejar alguna duda, se procedió entonces a estimar la prueba de KPSS, en busca de alguna certeza. Los resultados se muestran a continuación:

Prueba de Kpss

KPSS test for series: Demanda de Energía
Rango Muestra [2000 M4, 2007 M6]

Diferencias Incluidas: 2

KPSS test based on $y(t)=a+bt+e(t)$ (trend stationarity)
asymptotic critical values:

10% 5% 1%
0.119 0.146 0.216

value of test statistic: **0.0662**

Según los resultados de esta prueba, y bajo la hipótesis nula de Estacionaridad, existe la suficiente evidencia estadística como para No rechazar H_0 a ningún nivel de significancia, por lo que se concluye que la serie de electricidad exhibe un proceso estacionario con tendencia determinística.

Una vez realizado el análisis, y luego de concluir la presencia de una tendencia determinística en la serie, se procede a realizar el pronóstico, el cual se obtiene estructurando la demanda de energía a partir de la siguiente ecuación:

Fig. No 2: Estructuración de la Demanda de Energía

Energía= Tendencia + Estacionalidad + Ciclo + Irregular + Intervenciones

Fuente: Elaboración Propia

Los componentes asociados al modelo, el nivel, la pendiente y la estacionalidad, se consideran de manera no estocástica, teniendo en cuenta la naturaleza del ajuste del modelo y las pruebas estadísticas (hiperparámetros) que validan este resultado. Los componentes estimados para la tendencia y la estacionalidad para la serie de energía se describen en la grafica No 1.

De igual manera, tanto el componente cíclico, como el componente irregular son de carácter estocástico, y se muestran en la grafica No 2. A fin de garantizar las propiedades deseables de los residuales dentro del modelo, estas son la normalidad de los residuales y la no autocorrelación, se hizo necesario (particularmente para garantizar la primera) la inclusión de ciertos valores de intervención, es decir, dummies de pulso que mejoran el ajuste del modelo perdido por la aparición de datos atípicos dentro de la muestra. En total fue necesaria la inclusión de 11 intervenciones durante la estimación del modelo⁹.

Al analizar el componente residual, se encuentra que el modelo no exhibe problemas ni de autocorrelación ni de heteroscedasticidad. Igualmente, su función de distribución se comporta como una normal. Adicionalmente, la bondad de ajuste es bastante buena, en la medida en que el coeficiente de determinación ajustado a la presencia de tendencia y estacionalidad es de 0.80. Las principales estadísticas de bondad de ajuste y cumplimiento de supuestos se muestran a continuación:

Tabla No 1: Principales Pruebas de Ajuste del Modelo

ESTADÍSTICAS BÁSICAS	
PRUEBA	ESTADÍSTICO
ERROR ESTÁNDAR	0.00583
TEST DE NORMALIDAD*	0.46164
TEST DE HOMOSCEDASTICIDAD**	0.76549
DURBIN WATSON	188.370
Q LJUNGBOX***	620.150
R CUADRADO	0.80745

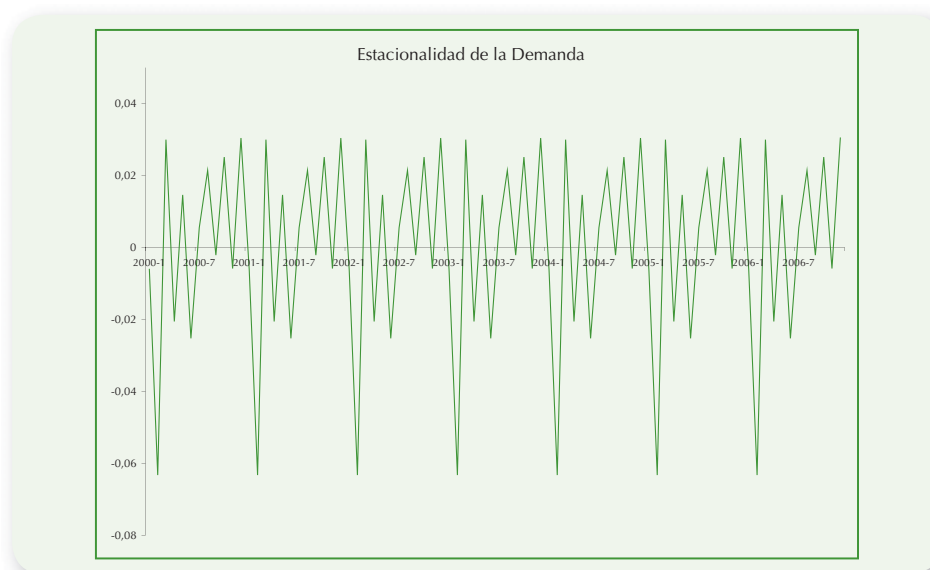
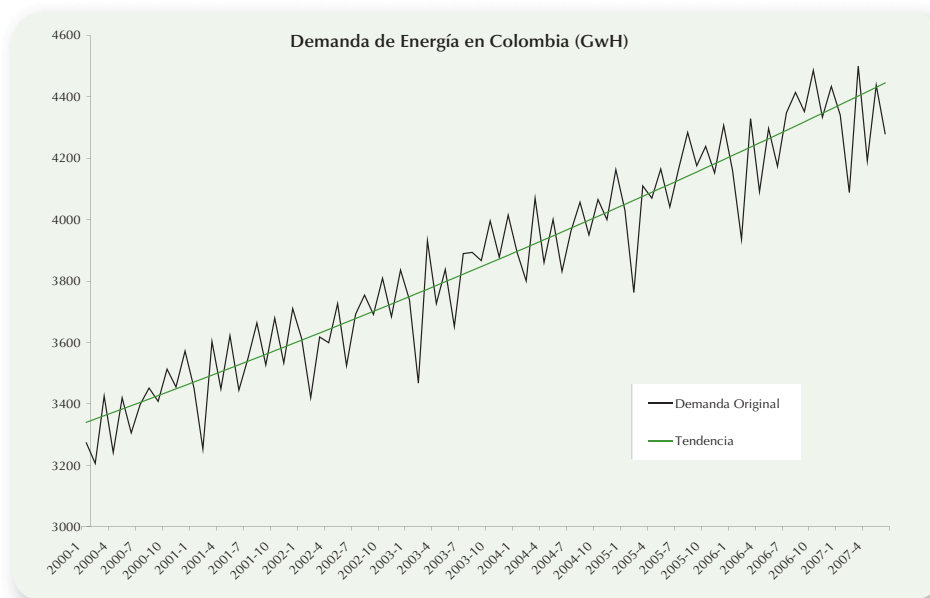
9 La intervenciones señaladas corresponden a los siguientes períodos: 2000m02, 2002m03, 2002m06, 2003m02, 2003m03, 2003m06, 2004m02, 2005m02, 2005m03, 2006m12 y 2007m04



- * Esta prueba se distribuye como una Chi cuadrado con dos grados de libertad. Su valor p es de 0.7949, lo cual indica que los residuales se distribuyen como una normal.
- ** Esta prueba se distribuye como una Chi Cuadrado con N grados de libertad. A primera vista puede concluirse que este estadístico cae en la zona de No rechazo, al tener un valor tan pequeño y un gran tamaño de muestra.

*** Prueba para detectar presencia de Autocorrelación. Se distribuye como una Chi cuadrado con d grados de libertad (donde d representa el número de hiperparámetros menos uno). El valor p asociado es igual a 0.2871, lo que significa que no haya evidencia de autocorrelación.

Grafica No 1. Componentes Demanda de Energía Tendencia-Estacionalidad



Nota: El panel (A) señala el componente tendencial del modelo. El panel (B) señala el componente estacional obtenido mediante el filtro de Kalman.

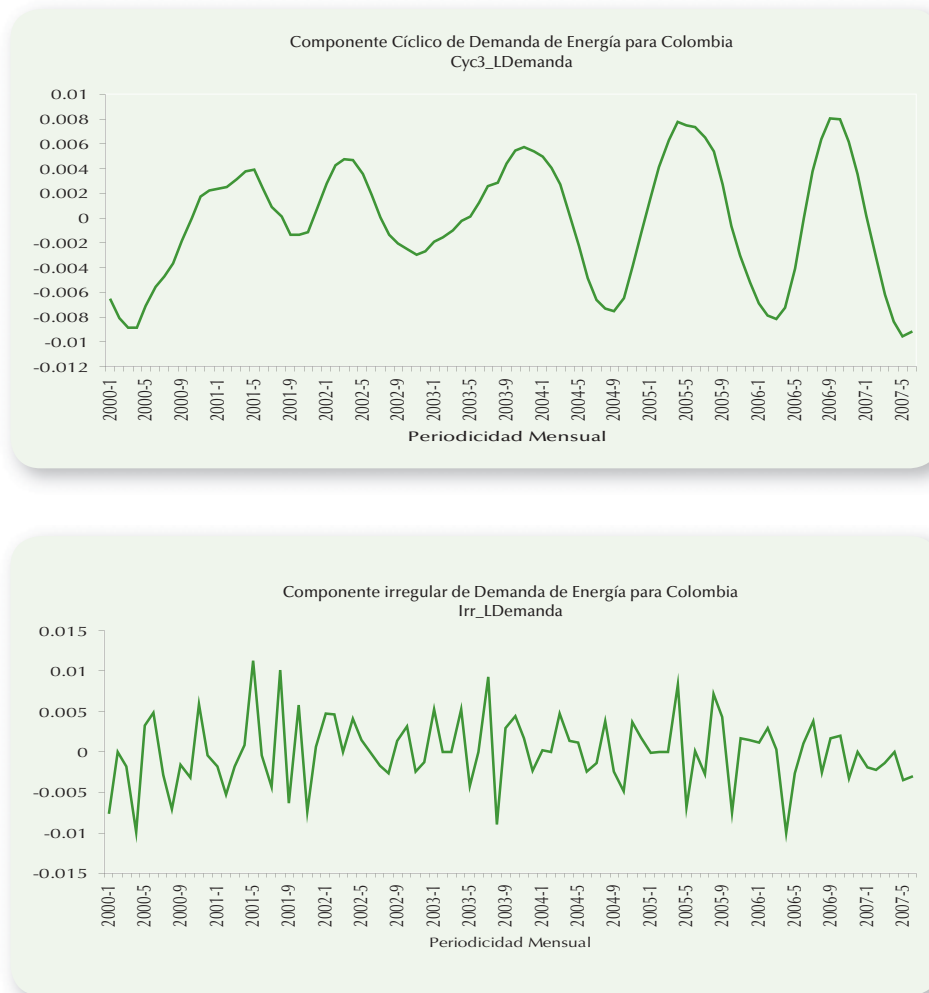
Fuente: Elaboración propia con datos de la UPME y de XM



Estas gráficas muestran cómo la tendencia de la demanda por electricidad ha crecido a lo largo de todo el período, especialmente en la última época. Ello puede ser producto de la época de bonanza por la que pasa actualmente el país. Igualmente, este resultado se convierte en un aliciente (o un llamado

de atención) para mejorar e incrementar la estructura energética de la nación. En cuanto a la estacionalidad, puede verse que en todos los diciembrees se presenta la demanda por electricidad más alta de todo el año, mientras que la más baja ocurre en los meses de febrero.

Grafica No 2. Componentes Demanda de Energía Cíclico-Irregular



Nota: El panel (A) señala el componente cíclico estocástico del modelo. El panel (B) señala el componente irregular obtenido mediante el filtro de Kalman.

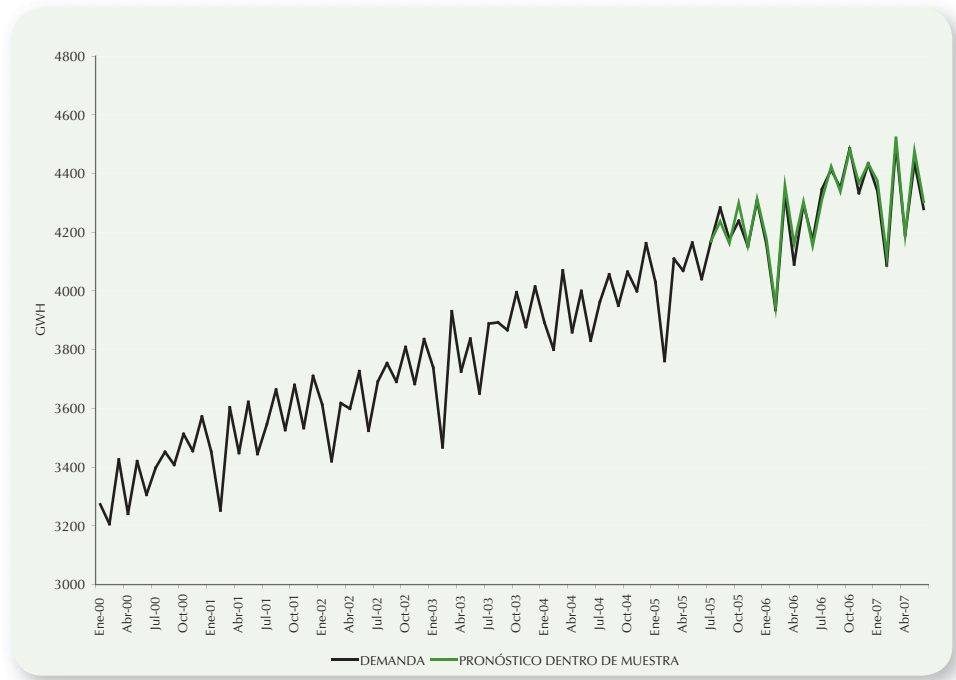
Fuente: Elaboración propia con datos de la UPME y de XM

La potencia de la técnica empleada se puede contrastar de manera simple al hacer la predicción por dentro de la muestra en los dos últimos años.

A partir de una inspección grafica se ve que los resultados obtenidos por el filtro ajustan muy bien con los datos reales.



Grafica No 3. Predicción por dentro de la Muestra

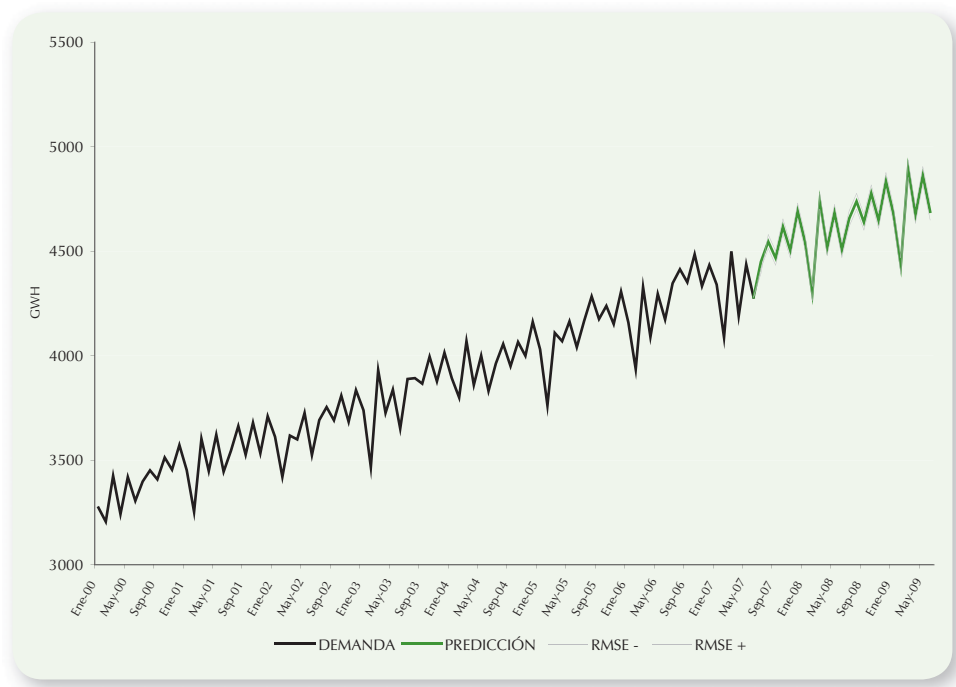


Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la estimación del modelo con mejor ajuste a los datos de demanda de energía, se realizan los pronósticos para un horizonte de 4 años, como se

muestra en el gráfico No 3 con periodicidad mensual, el horizonte proyectado de la demanda de energía es hasta el mes de junio del año 2011.

Grafica No 4. Pronósticos demanda de Energía



Fuente: Elaboración propia.



Analizando los datos pronosticados, producto de la estimación del modelo planteado arriba, puede establecerse que la demanda por electricidad crecerá, en casi 3% en el 2007 y en un 4.22% en el segundo año. La tendencia experimenta un crecimiento positivo y sostenido en el tiempo. En el siguiente cuadro se relacionan las demandas para el año 2007, 2008 y el primer semestre de 2009.

Tabla No 2: Pronósticos de Demanda por Electricidad

Año	Demanda Energía (GWH)	
2006	51.347	
2007*	52.905	3,03%
2008*	55.138	4,22%
I Sem. 2009*	27.995	

Fuente: Elaboración propia con datos de la UPME y de XM

Los pronósticos parecen bastante robustos, en la medida en que el error de predicción no se dispara a medida que se avanza en el horizonte de predicción. Esto se ve reflejado en la línea verde que rodea la estimación, la cual representa los intervalos de confianza de cada uno de los pronósticos, cuya cercanía con los datos estimados se mantiene en todo el período.

Conclusiones

Este documento presenta la metodología de Series de Tiempo Estructurales como una forma de pronosticar el comportamiento de diversas variables macroeconómicas de interés. Su montaje se basa en el desmonte de un conjunto de observaciones en sus cuatro componentes tradicionales: Tendencia, Estacionalidad, Ciclo y componente Irregular. A partir de esta nueva forma, se procede a estimar cada uno de tales componentes de forma separada, para luego ensamblar de nuevo la serie original, a partir de la puesta de estos en su representación Estado-Espacio. Este procedimiento se estima a partir del Filtro de Kalman y técnicas de Máxima Verosimilitud.

Dicha metodología se aplicó a la demanda por electricidad en Colombia durante el período 2000 – 2007. Los resultados muestran un buen ajuste del modelo y unos pronósticos robustos, en la medida en que mantienen la clara tendencia creciente de todo el nuevo siglo y a que su error de pronóstico es bastante pequeño durante todo el horizonte de predicción. A su vez, el modelo predice una tasa de crecimiento de la demanda por electricidad dentro de los próximos 2 años de 3.03% en el primer año y de 4.22% en el segundo año, el cual está a tono con el crecimiento actualmente visto.

Según las pruebas de bondad de ajuste y de cumplimiento de supuestos, el modelo ajustado presenta una gran confiabilidad en la medida en que no hay evidencia de Heteroscedasticidad ni Autocorrelación, a la vez que los residuales se distribuyen de forma normal. A su vez, los intervalos de confianza de los pronósticos arrojados por el modelo permiten concluir que estos son robustos, en la medida en que tales intervalos no aumentan a medida que se avanza en el horizonte de predicción.

Es claro que los modelos de series de tiempo estructurales se convierten en una alternativa de estimación y predicción de series que exhiben tendencias estocásticas. Pero, al mismo tiempo, estos incluyen a los modelos más tradicionales, es decir, a los que se basan en tendencias determinísticas (como en este caso). En resumidas cuentas, los Modelos de Series de Tiempo Estructurales brinda una nueva gama de formas de modelación de distintas series, a la vez que permite seguir usando los acercamientos tradicionales, aunque la forma de estimación varíe sustancialmente.

Por último, si bien este modelo arroja buenos resultados, es posible mejorar aun más su potencia mediante la inclusión de variables exógenas que permitan construir un modelo de demanda tal cual lo sugiere la teoría. ☺



Bibliografía

ATKINS FRANK J Y JAZAYERI TAYYEBI S.M (2004), A literature review of demand studies in world oil markets. Department of Economics, Discussion paper 2004-07, University of Calgary.

BEENSTOCK, M. AND WILLCOCKS,P. (1981). Energy Consumption and Economic Activity in Industrialised Countries, *Energy Economics* 3, 225-232.

BERNARD JEAN-THOMAS, DENIS MARIE-ELAINE, KHALAF LYNDA Y YELOU CLÉMENT. (2005), An energy demand model with a random trend. 25th annual meeting of USAEE/IAEE, Broomfield,

BLACONÁ MARÍA, Y J. C. ABRIL. (2003), Model Used to Determine the Daily Average Demand of Electric Energy in Argentina: A state space approach. *Pakistan Journal of Statistics*, Vol. 19, No. 3, pp. 353-373.

BHASKARA RAO, B. (2007), Deterministic and Stochastic trends in the time series models: A guide for the applied economics, *Munich Personal Repec # 3580*.

HARVEY, A.C. (1985), *Forecasting Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge University Press, Cambridge, New York y Melbourne.

HARVEY, A.C. Y N. SHEPHARD. (1993), *Structural Time Series Models*, *Handbook of Statistics*, Vol. 11.

HUNT, LESTER C. (2004), *Econometric Modelling of Energy demand functions*, Surrey Energy Economics Centre (SEEC), Department of Economics, University of Surrey. IAEE European Conference, Zurich.

HUNT, LESTER C Y AL-RABBAIE ARQAM. (2006), *OECD Energy Demand: Modelling underlying energy demand trends using the structural time series model*. Department of Economics, University of Surrey.

HUNT, LESTER C, JUDGE GUY Y NINOMIYA YASUSHI. (1999), *Modelling Technical Progress: An Application of the stochastic trend model to UK energy demand*. The British Institute of Energy Economics conference.

KOURIS, G. (1983). Fuel Consumption and Economic Activity in Industrialised Economies: A Note, *Energy Economics* 5, 207-212.

SOLERA, A. (2003), *El Filtro de Kalman*, Nota Técnica, Departamento de Investigaciones Económicas, Banco Central de Costa Rica.

SOTO, R. (2002), *Ajuste Estacional e Integración en Variables Macroeconómicas*, Cuadernos de Economía Vol 39, No 116, pp. 135-155.

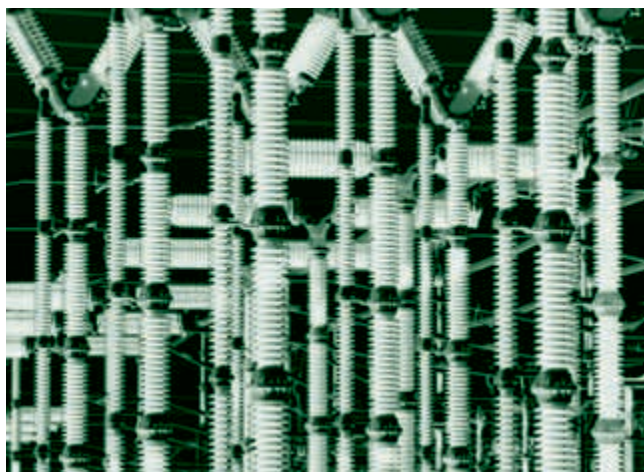
STERN, D. (2003), *Energy and Economic Growth*, Department of Economics, Sage 3208, Rensselaer Polytechnic Institute, Mimeo.

UPME. *Unidad de Planeación Minero Energética*. (2005) *Plan Energético Nacional 2006-2025*.

UPME. *Unidad de Planeación Minero Energética*. (2007) *base de datos sobre Generación Eléctrica*. [En línea] Disponible en: <http://www.upme.gov.co/siel/Default.aspx?tabid=59>. Consultado el día 27 de agosto de 2007.

WELSCH, H. (1989). The Reliability of Aggregate Demand Functions: An Application of Statistical Specification Error Tests, *Energy Economics* 11, 285-292.

XM. *Los Expertos en Mercados. Generación Eléctrica en Colombia* [En línea] Disponible en: <http://www.xm.com.co/> Consultado el día 27 de agosto de 2007.





Reseñas

Nuevas perspectivas de la integración energética en América del Sur. ¿Cambios paradigmáticos en la integración energética regional?

Milko Luis González Silva, Coordinador

Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales.
Caracas - Venezuela, Agosto de 2007, 27 páginas

Diana Larisa Caruso L.

Investigadora, Observatorio Colombiano de Energía,
Centro de Investigaciones para el Desarrollo

Fecha de recepción: 3 de Julio. Fecha de aceptación: 24 de Julio

En el actual contexto de globalización, donde los acuerdos comerciales entre países juegan un papel importante para el desarrollo de las economías, ver la integración energética desde la perspectiva teórica y paradigmática, es pertinente y necesaria ya que permite distinguir desde una mirada diferente las ventajas y falencias de los procesos actuales de integración y sus políticas asociadas.

El libro de González Silva editado por el ILDIS (Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales) realiza una revisión de la evolución y el estado actual de los paradigmas que se han dado en América del Sur en torno a la integración, en especial a la energética.

Como las teorías que giran en torno a la integración energética no se pueden separar de los de la integración en su conjunto, el autor a lo largo del libro hace referencia a este proceso en Suramérica como un sumario general pero, en algunos casos particulares delimita la revisión al ámbito energético.

El libro se divide en cinco secciones, en la primera se estudia la energía como factor en las relaciones político-económicas. Antes de entrar en la caracterización de los paradigmas, el autor en este capítulo muestra la relevancia que toma el tema energético a partir de finales de los noventa, y como la CAN es el bloque regional que mayores esfuerzos ha hecho para consolidar la integración energética.

En la segunda sección se caracterizan los paradigmas mediante los cuales se ha fomentado la integración sudamericana, los cuales son extrapolables a los paradigmas de integración energética. Existen múltiples teorías acerca de la integración, sin embargo, González Silva caracteriza sólo tres, teniendo en cuenta que la revisión esta dirigida desde la óptica de la integración energética.

A cada una de estos tres paradigmas el autor le hace una caracterización detallada, estas son: (1) el funcionalismo, cuya tesis principal es que la integración económica y social llevará inevitablemente a la integración política; (2) el neofuncionalismo, que se diferencia del funcionalismo en cuanto





considera que el efecto de ramificación (“spill-over”) de la integración no es natural sino consecuencia de la interacción política e intencionada de los actores; y (3) el transnacionalismo (interdependencia y dependencia), donde la integración se ve como consecuencia de la red de interacciones entre actores distintos a los estados y sus gobiernos.

En común las tres teorías tienen el reconocimiento de la incapacidad del Estado para satisfacer la totalidad de las demandas de las sociedades contemporáneas.

En la tercera parte del documento se muestran como los paradigmas anteriormente descritos han cambiado o mutado en los últimos años, esto debido a una serie de eventos y ajustes que se han dado en Suramérica como por ejemplo el fracaso del modelo desarrollista de la sustitución de importaciones, el impacto de los cambios globales, las reformas neoliberales en las economías y en los sistemas energéticos nacionales. Como consecuencia de esto, se cambia la visión del paradigma funcionalista con contenido estatista y geopolítico a otra versión del funcionalismo con contenido liberal conocida como “Regionalismo abierto”, en el que la cooperación regional es percibida como elemento para favorecer la competitividad y la inserción en el mercado mundial. Según el autor estas dos versiones paradigmáticas funcionalistas son dicotómicas y aún así coexisten y conviven en la región.

Por su carácter liberal, el “regionalismo abierto” puede ser asociado a otra teoría conocida como “mercados e instituciones”, en el cual se asume la continuación e intensificación de la globalización y una cooperación sostenida al interior de las instituciones internacionales que conduce a la evolución del sistema multilateral de relaciones internacionales. A su vez, este paradigma de “mercados e instituciones” se puede vincular con el de “regiones e imperios”, en donde el mundo se divide en bloques políticos, los cuales compiten por mercados y recursos con otros bloques.

Así el debate contemporáneo plantea teorías derivadas de la integración en su conjunto que tratan

de explicar las nuevas realidades de cooperación en el ámbito energético.

En la cuarta parte el autor concluye afirmando que en Suramérica existen situaciones contradictorias que afectan las posibilidades futuras de una verdadera integración como la coexistencia de paradigmas dicotómicos y la firma de acuerdos multilaterales de integración acompañados con la firma de acuerdos bilaterales (síndrome de la sobreintegración).

Para finalizar el autor da una serie de recomendaciones para mejorar las potencialidades de una integración energética suramericana:

- Cambiar el paradigma funcionalista ya sea el de contenido geopolítico o el liberal. Pasando de la concepción economicista del funcionalismo a una concepción política de la integración.
- Formulación de un cuerpo de ideas que guíen la acción colectiva y que trascienda las posturas ideológicas, nacionalistas para que no obstaculicen las posibilidades de acuerdos justos, imparciales y estables.
- Es necesario formular y tener en cuenta concepciones como la de política, el individuo, la justicia, la sustentabilidad y la libertad.
- Formulación de instituciones regionales más eficientes con relación al grado de consenso, a la competitividad y al fomento de la cooperación.
- Se debe ver a la sociedad como un sistema justo de cooperación social.

Este libro es un buen acercamiento a la teoría y a los paradigmas de la integración energética, ya que muestra desde una visión institucionalista las principales dificultades de la integración. De ahí que con este estudio una parte de los insumos ya están dados para que cada país y cada bloque regional pueda profundizar en sus condiciones económicas y políticas específicas, logrando en el futuro aplicar políticas que empiecen a mejorar o generar nuevos paradigmas que permitan que se realicen con éxito sino todas, algunas de las recomendaciones dadas por González Silva, y con esto poder empezar a superar algunas de las falencias e inconvenientes de la integración energética suramericana.

Retos y Perspectivas de la Integración Energética en América Latina

Kurt-Peter Schütt, Flavio Carucci, Coordinadores

Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales
Caracas – Venezuela, Marzo 2007, 246 p.

Edwin García Villamizar

Técnico en Regulación, Dirección de Estudios y Regulación. Gas Natural E.S.P. S.A.
ejgarcia@bt.unal.edu.co

Fecha de recepción: 6 de Agosto. Fecha de aceptación: 27 de Agosto

Dentro del contexto energético mundial, Latinoamérica juega un papel muy interesante al contar con recursos que no se encuentran en una región tan inestable políticamente como el Medio Oriente.

Como bien es sabido, el rápido crecimiento de economías como las de China e India, el gran apetito por recursos energéticos por parte de Estados Unidos y Europa, sumado al ejercicio de posición dominante de los principales productores de hidrocarburos; los recurrentes conflictos en las principales zonas de extracción de hidrocarburos y las proyecciones que año tras año no muestran un incremento notable en las reservas de crudo, han impulsado una tendencia alcista en los precios del petróleo, principal insumo de la matriz energética mundial.

Ante tal problemática el gas se presenta como una alternativa a mediano plazo que solventaría la transición hacia el uso de nuevas tecnologías en el largo plazo. Es de acá, de donde parten los nueve investigadores del ILIS (Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales) de Venezuela, teniendo en cuenta el ámbito Latinoamericano y exponiendo sus puntos de vista de como la integración energética toma fuerza en polí-



ticas de estrategia geopolítica y de desarrollo regional, considerando acuerdos bilaterales con Estados Unidos como los TLC o acuerdos entre naciones de Sudamérica como el MERCOSUR.

El primer Investigador, Mario García Molina analiza desde factores sociales como se han ido vinculado poco a poco las presiones sociales en el tema energético, exponiendo los conflictos de Bolivia y Perú sobre la propiedad de los hidrocarburos, el caso Argentino y la politización del sector energético, la movilización de trabajadores rurales en Brasil, y los casos de Perú y Colombia con los procesos de privatización. García finaliza concluyendo que los procesos de integración energética deben ser concebidos pensando en el desarrollo y crecimiento de las regiones, y fomentando el desarrollo equitativo de los diferentes países.

El segundo investigador, Kirsten Westphal hace un interesante análisis comparativo del caso del gas de Rusia y su relación con la Comunidad Europea con lo que podría ser en Sudamérica si se llega a construir el Gasoducto Transamazónico. El autor desarrolla su documento desde un enfoque geopolítico dejando claro el papel que juegan los Estados al participar en



las empresas de gas y petróleo, usando los energéticos como llave de poder para ejercer una posición monopolística, lo cual se acrecienta al ser los países consumidores más dependientes del suministro de gas.

El investigador Raúl A. Wiener aborda la cuestión de como la necesidad de recursos energéticos por parte de los Estados Unidos, lo ha llevado a mirar a Latinoamérica como un importante socio comercial, usando herramientas como los Tratados de Libre Comercio que transforma los gobiernos al funcionamiento del país del norte. Ante tal situación emerge la oportunidad por parte de los países de América Latina de una integración energética con grandes inversiones en infraestructura y que empresas supranacionales busquen ampliar las relaciones comerciales y garantizar la disponibilidad de energía a mediano y largo plazo en la región.

El Doctor Asdrúbal Baptista expone como Venezuela a través del petróleo y con la presunción de abundantes reservas puede estrechar vínculos con países sudamericanos ampliando acuerdos comerciales y diversificando los mercados a los que se les vende petróleo. Así mismo, complementando el capítulo anterior la investigadora Elsa Cardozo desarrolla la idea de cómo la abundancia de un recurso se puede traducir en oportunidades y desafíos en aspectos como: la seguridad, la gobernalidad y la integración regional. El autor expone el caso venezolano que con su abundancia de recursos ofrece una fórmula alternativa a los países de la región a la política exterior de Estados Unidos, y como el ponerla en marcha, ha significado un notable cambio en la credibilidad de las instituciones. El autor para finalizar sugiere tres recomendaciones para que la sociedad tenga una participación activa en los procesos de cambio.

El investigador Luis Lander detalla las diversas propuestas de integración Latinoamericana promovidas por Venezuela. Muestra la propuesta de PetroAmérica que es la unión de PetroSur (Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y Venezuela), PetroCaribe (catorce países de la región de Centroamérica y el Caribe), y PetroAndina (Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, para lograr el Cono Energético del Sur y poder finalizar con el más ambicioso proyecto que es el gasoducto desde Venezuela hasta Argentina llamado Transamazónico,

que estaría en cabeza de PDVSA con un costo estimado de US\$ 25.000 millones de dólares y una extensión de hasta 10.000 kilómetros aproximadamente.

Los investigadores Carlos Mendoza Pottellá y Rafael Quiroz con una gama de datos interesantes entre los cuales está la cuantificación del petróleo ultra pesado de la faja del Orinoco, y las amplias reservas de gas asociadas al petróleo, permite clarificar el porque Venezuela es un importante actor en la seguridad y abastecimiento energético mundial. Adicionalmente se resume el marco legal de los hidrocarburos y las facultades de los distintos entes relacionados con los hidrocarburos en Venezuela y los planes de expansión de la infraestructura del negocio petrolero de PDVSA en Latinoamérica.

El Doctor Edgar C. Otálvora muestra la historia de la transformación política alrededor de los temas energéticos de Brasil, Bolivia, Ecuador, Perú, Argentina y Paraguay, en menor medida también se hace un breve recuento para Colombia, Uruguay y Chile.

Dentro de los procesos de transformación, Otálvora relata como han coexistido alianzas que han pasado de la integración a la desintegración por acciones de los países que han afectado la estabilidad de las inversiones o intereses estratégicos en países de la región.

El noveno y último investigador que expone sus planteamientos en esta recopilación académica es el señor Carlos Miranda quien expone el proceso de nacionalización de los hidrocarburos en Bolivia, y explica el porque del alejamiento Boliviano con Chile en materia energética por la negativa de este país de permitirle la salida al mar.

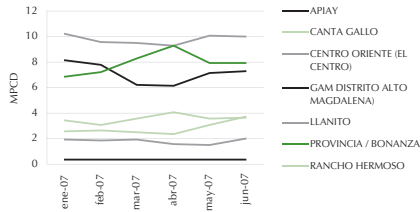
La lectura del libro deja un amplio conocimiento del panorama energético latinoamericano, así como de sus perspectivas, potencialidades y riesgos. Como conclusión principal y general de la gran mayoría de investigaciones agrupadas en el documento se plantea la urgencia en la consecución y construcción de un proyecto de gran envergadura clave para la integración energética como es el gasoducto Transamazónico, que va más allá de la racionalidad económica y depende plenamente de la voluntad política de los gobernantes de turno. ☉

Indicadores energéticos

GAS NATURAL

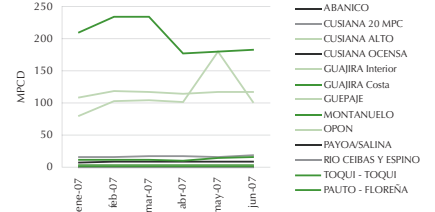


SUMINISTRO EN CAMPO DIRECTO



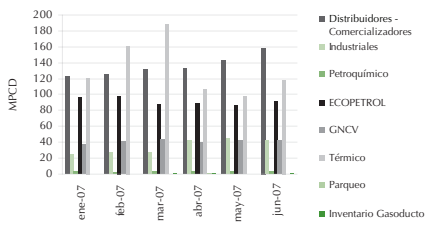
Fuente: Ecopetrol

SUMINISTRO EN CAMPO ASOCIADO



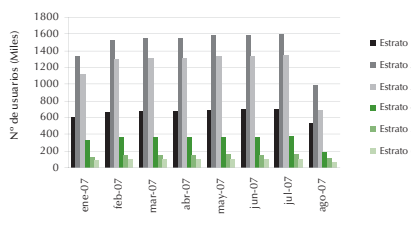
Fuente: Ecopetrol

CONSUMO POR SECTORES



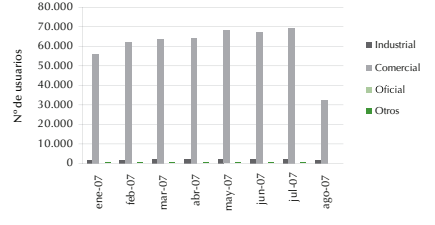
Fuente: Ecopetrol

USUARIOS RESIDENCIALES



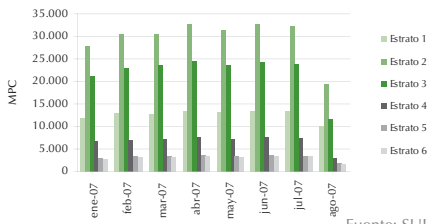
Fuente: SUI

USUARIOS NO RESIDENCIALES



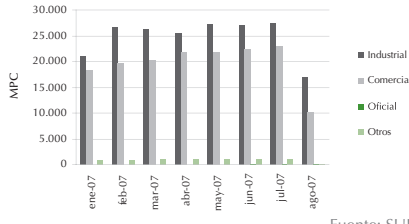
Fuente: SUI

CONSUMO RESIDENCIAL



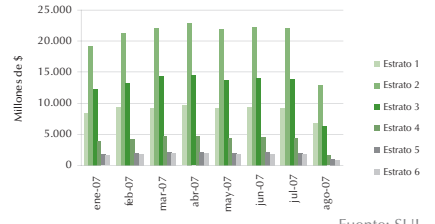
Fuente: SUI

CONSUMO NO RESIDENCIAL



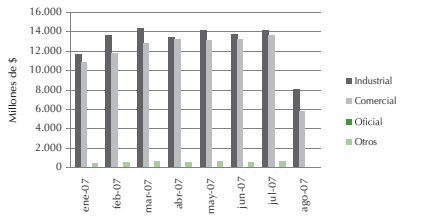
Fuente: SUI

FACTURADO RESIDENCIAL



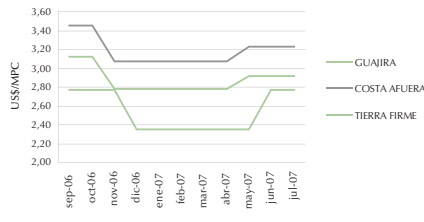
Fuente: SUI

FACTURADO NO RESIDENCIAL DE GAS



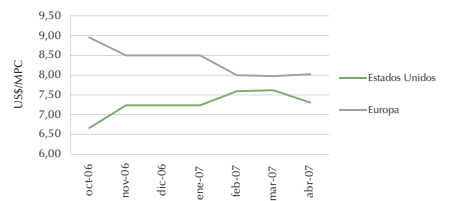
Fuente: SUI

PRECIOS EN BOCA DE POZO



Fuente: Ecopetrol

PRECIOS INTERNACIONALES PROMEDIO TRIMESTRAL



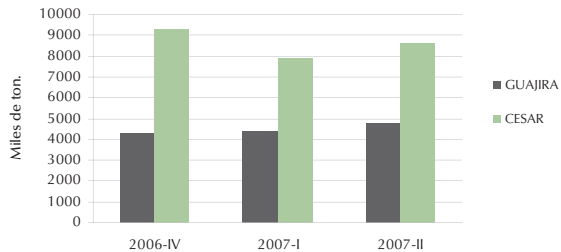
Fuente: Banco Mundial



CARBÓN

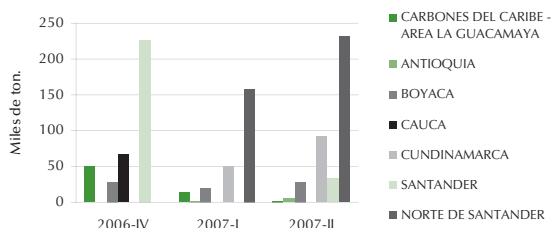


PRODUCCION NACIONAL TRIMESTRAL DE CARBON PARA EXPORTACION



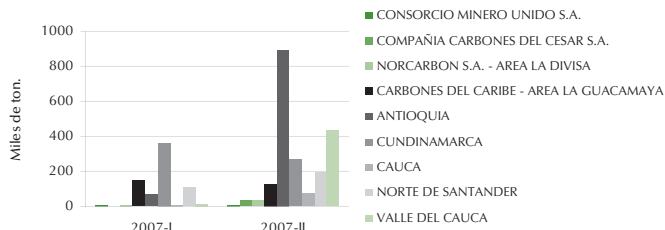
Fuente: Ingeominas

PRODUCCION NACIONAL TRIMESTRAL DE CARBON PARA EXPORTACION



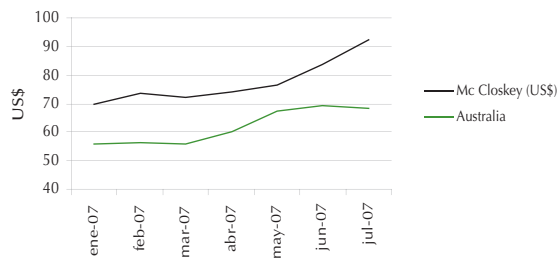
Fuente: Ingeominas

PRODUCCION TRIMESTRAL DE CARBON PARA CONSUMO LOCAL



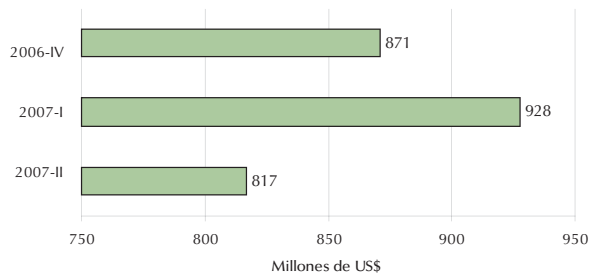
Fuente: Ingeominas

PRECIOS INTERNACIONALES



Fuente: Banco Mundial

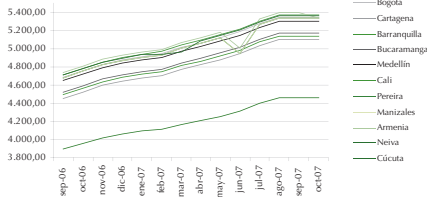
BALANZA DE PAGOS TRIMESTRAL



Fuente: Banco de la República

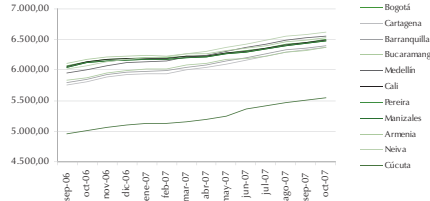
PETROLEO

PRECIO NACIONAL ACPM (Pesos)



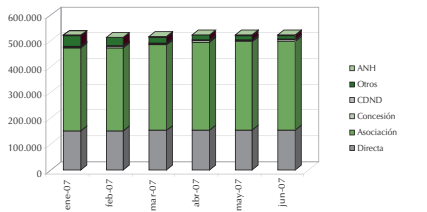
Fuente: Ecopetrol

PRECIO NACIONAL GASOLINA MOTOR CORRIENTE



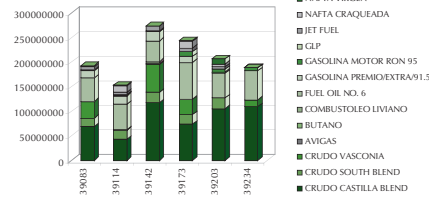
Fuente: Ecopetrol

PRODUCCIÓN TOTAL NACIONAL DE CRUDO (BPDC)



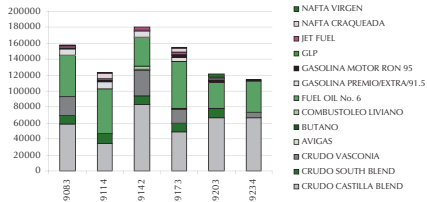
Fuente: Ecopetrol

EXPORTACIONES DE ECOPETROL (US\$)



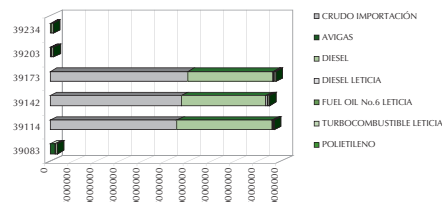
Fuente: Ecopetrol

EXPORTACIONES ECOPETROL (BDPC)



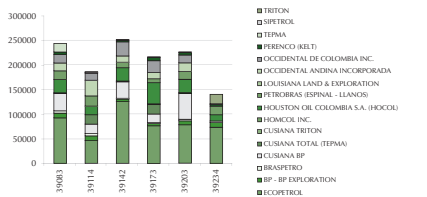
Fuente: Ecopetrol

IMPORTACIONES ECOPETROL (US\$)



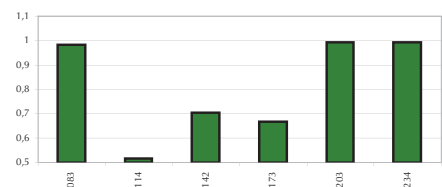
Fuente: Ecopetrol

VOLUMEN EXPORTACIÓN DE CRUDO POR COMPAÑÍA (Mensual) BPDC



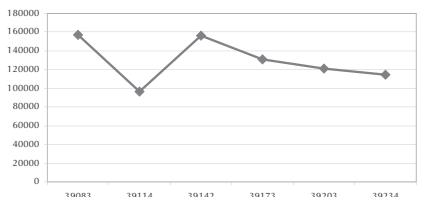
Fuente: Ecopetrol

BALANZA COMERCIAL RELATIVA ECOPETROL



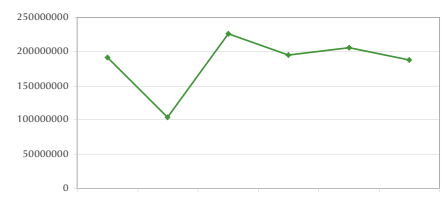
Fuente: Ecopetrol

BALANZA COMERCIAL ECOPETROL (BPDC)



Fuente: Ecopetrol

BALANZA COMERCIAL ECOPETROL (US\$)



Fuente: Ecopetrol

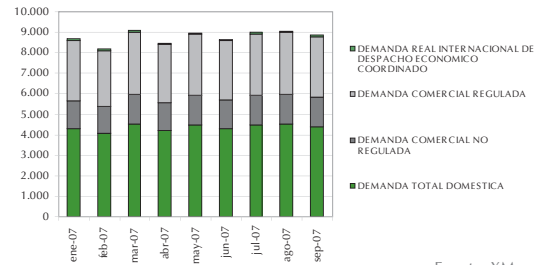




ELECTRICIDAD

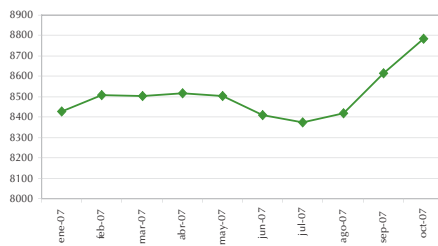


DEMANDA ENERGÍA ELÉCTRICA (GWh)



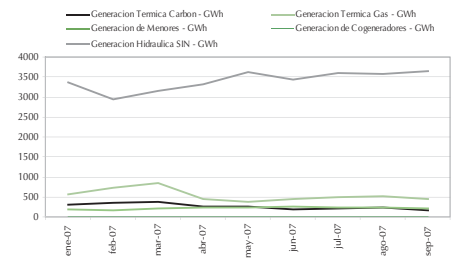
Fuente: XM

DEMANDA NACIONAL DE POTENCIA MÁXIMA (MW)



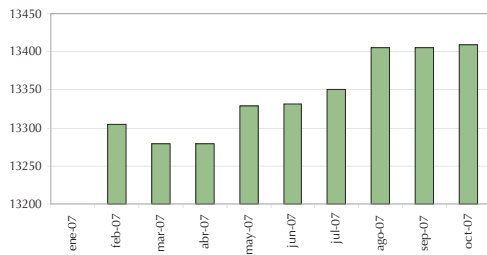
Fuente: SIMEC

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (GWh)



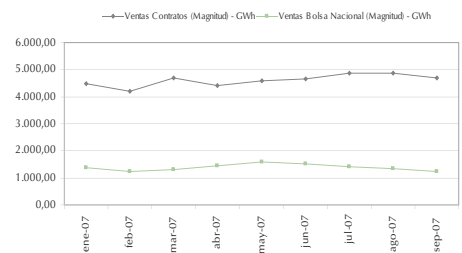
Fuente: XM

CAPACIDAD EFECTIVA NETA NACIONAL (MW)



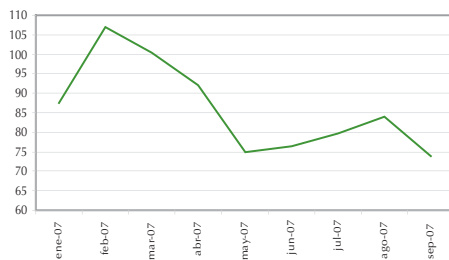
Fuente: XM

VENTAS DE ENERGÍA (GWh)



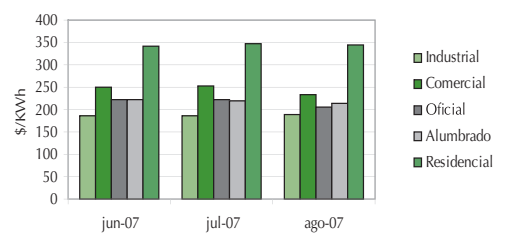
Fuente: XM

PRECIO EN BOLSA NACIONAL (\$/kWh)



Fuente: XM

TARIFA PROMEDIO NACIONAL



Fuente: CREG

Pauta para autores

1. La Revista *Boletín del Observatorio Colombiano de Energía*, del Centro de Investigaciones para el Desarrollo, de la Universidad Nacional de Colombia, considerará para su publicación artículos de la siguiente tipología: de investigación científica y tecnológica, de reflexión, de revisión y cortos. También, reportes de caso, revisiones de temas, documentos de reflexión no derivados de investigación, análisis de coyuntura de autores nacionales o extranjeros en español, inglés y portugués y reseñas bibliográficas, cuyo objetivo sea aportar al avance del conocimiento de los subsectores energéticos. El Comité Editorial se reserva el derecho de realizar las modificaciones pertinentes.
2. Sólo se tendrán en cuenta para su publicación aquellos documentos que no hayan sido propuestos en otras revistas y cuya información sea 100% veraz.
3. El autor debe solicitar un formato de recepción de artículos, por correo electrónico o personalmente, el cual debe ser diligenciado y enviado junto con el artículo a obsc_bog@unal.edu.co. Éste formato se encuentra en <http://www.fce.unal.edu.co/oce/index.php>
4. Los trabajos serán sometidos a arbitraje doblemente ciego y evaluados por dos árbitros designados por el comité editorial de acuerdo con los siguientes criterios: originalidad, calidad científica, rigor conceptual y metodológico, claridad y coherencia en la argumentación y en la exposición. Los conceptos de la evaluación se le entregarán o enviarán al autor.
5. La recepción de documentos se realiza durante todo el año y el tiempo de evaluación de éstos será de 30 días hábiles a partir de su recepción.
6. Los artículos deben incluir la clasificación JEL (Journal of Economic Literature). Esta clasificación se puede encontrar en: http://www.aeaweb.org/journal/jel_class_system.html

NORMAS EDITORIALES

1. Los trabajos se deben presentar en formato de Word (texto) o Excel para pc (cuadros y gráficas). Pueden tener hasta 4000 palabras para documentos tipo 4.), 7.) y 8.) y hasta 7000 palabras para documentos tipo 1.), 2.), 3.), 5.) y 6.). Incluyendo notas, referencias bibliográficas y tablas.¹
2. El autor debe incluir los datos de su dirección postal, número de teléfono y correo electrónico. En la publicación únicamente aparecerá el correo electrónico.
3. El resumen en español y en una segunda lengua (portugués o inglés)² debe tener una extensión de máximo 100 palabras. Especificar máximo cuatro palabras clave en español. Las palabras clave deberán ir después del resumen.
4. El título del artículo debe ser explicativo y recoger la esencia del trabajo.
5. Las tablas deben tener un encabezamiento específicamente descriptivo, estar citadas en el texto, y las abreviaturas y símbolos explicados al pie de la tabla.
6. Se requiere que los cuadros, gráficos o mapas sean muy legibles, con las convenciones muy definidas. Cuando sean gráficos originadas en Excel, debe incluirse el archivo fuente de los datos.
7. Las referencias bibliográficas deben conservar el estilo autor–fecha, insertadas en el texto [López 1998], no como nota de pie de página. Cuando la referencia se hace textualmente, el número de la página de donde se tomó debe ir inmediatamente después de la fecha, separado por coma [López

¹ Ver definición de tipologías al final del documento.

² En caso de inhabilidad para escribir en un segundo idioma, el OCE se encargará de esta tarea



- 1998, 52], si incluye varias páginas [López 1998, 52-53,] y en caso de varios autores [López et al. 1998].
8. Las referencias bibliográficas deben ir al final del texto. La bibliografía debe limitarse a las fuentes citadas en el artículo, y estar ordenadas alfabéticamente por apellido. En caso de registrarse varias publicaciones de un mismo autor, ordenarlas cronológicamente en el orden en que fueron publicadas. Cuando un mismo autor tiene más de una publicación en un mismo año, se mantiene el orden cronológico, y se utilizan letras para diferenciar las referencias de ese mismo año [2001a].
 9. Cuando se usen fuentes de Internet, se debe mencionar el autor, si lo tiene, y la dirección de la página web consultada.
 10. Los encabezamientos de cada sección se escribirán en negritas, a la izquierda y en mayúscula sostenida.
 11. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Los subíndices y superíndices deben estar correctamente ubicados.

Nota de Copy Right: Los artículos se pueden reproducir citando las fuentes correspondientes.

DEFINICIÓN TIPOLOGÍAS

1. *Artículo de investigación científica y tecnológica.* Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro partes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
2. *Artículo de reflexión.* Documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

3. *Artículo de revisión.* Documento resultado de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.
4. *Artículo corto.* Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión.
5. *Reporte de caso.* Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.
6. *Revisión de tema.* Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.
7. *Documento de reflexión no derivado de investigación.*
8. *Reseña bibliográfica.*



Boletín del
BSERVATORIO
Colombiano de Energía



CID Centro de
Investigaciones
para el Desarrollo



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Diseño editorial
Impresol ediciones ◀ Mauricio Moreno

Impresión y Acabados
Impresol ediciones Ltda. (57) (1) 250 8244
Bogotá, Colombia.