



# **Metodología para la Evaluación de Impactos Distributivos Con Cambios en los Precios Finales de la Energía**

Noviembre, 2009

Este documento fue preparado bajo la dirección de:

Carlos Arturo Flórez Piedrahita,  
Secretario Ejecutivo de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)

Néstor D. Luna González  
Director de Planificación y Proyectos

El autor de este documento es:

Mauricio Medinaceli Monroy  
Coordinador de Hidrocarburos de OLADE

Los criterios expresados en el documento son responsabilidad del autor y no comprometen a OLADE.

Se autoriza la utilización de la información contenida en este documento con la condición de que se cite la fuente.

## INTRODUCCIÓN

El problema central con los precios de algunos derivados del petróleo, como las gasolinas, diesel oil y GLP, es que cada uno de ellos constituye un solo instrumento que debe cumplir varios objetivos. En general estos objetivos pueden agruparse en tres: 1) de política energética, este instrumento debe otorgar la información correcta para las decisiones de inversión; 2) política social, generalmente el precio de las gasolinas y GLP son parte importante de la “canasta” de consumo familiar y; 3) de política fiscal, al mismo tiempo, generalmente el Estado grava con impuestos al consumo de gasolinas y diesel oil.

En este sentido, es natural que si la autoridad política prioriza un objetivo sobre los otros, surgirán problemas en estos últimos. Por ejemplo, si se desea maximizar la recaudación fiscal probablemente se incremente el precio de la gasolina, afectando de esta forma la economía familiar. Por otra parte, si por ejemplo se desea “ayudar” a las familias más pobres de un país, tal vez se decida adoptar políticas de subsidios a los precios de los derivados de los hidrocarburos, afectando de esta manera, la recaudación fiscal y/o la inversión en el sector.

Por las razones antes expresadas, el precio de los principales derivados del petróleo generalmente es fuente de insatisfacción en algún sector de la economía, por ello, su determinación (fijación) debe ser hecha con mucho cuidado, para que minimizar el impacto social/fiscal/productivo. En esta línea, el presente documento presenta una metodología, ampliamente utilizada, para evaluar el impacto de un incremento/subsidio en los precios de los derivados del petróleo.

Desde su publicación en 1980 el Sistema Casi Ideal de Demanda (AIDM por sus siglas en inglés) propuesto por Deaton & Muellbauer (1980) ha sido utilizado en diversas estimaciones de funciones de demanda para distintos bienes. Esta metodología resulta bastante atractiva porque, además de utilizar información disponible en las encuestas de hogares (que no siempre es utilizada al momento de estimar una función de demanda), proporciona relaciones “teóricamente adecuadas” en función a los datos de fuente primaria. Aplicaciones de esta metodología a la demanda familiar de energía se encuentran en Labandeira et al. (2004), Labandeira y López (2002) y Labandeira et al. (2005). En ellas se observa que la misma funciona muy bien para predecir los efectos de corto plazo que tendrían algunas políticas energéticas, por ejemplo, variaciones en los precios al consumidor final.

El texto está ordenado como sigue: en la primera sección se describe la metodología propuesta; en la segunda se presentan algunas propuestas de indicadores; en la tercera se presenta la aplicación de esta metodología al caso Boliviano y; finalmente se presentan las conclusiones del presente documento. Como es usual, cualquier error u omisión es responsabilidad completa del autor.

## METODOLOGÍA

La disponibilidad de información acerca de las características de consumo de las familias (inserta en encuestas de hogares) y la posibilidad de realizar estimaciones econométricas a gran escala con un costo relativamente bajo, ocasionaron que en los últimos años se presente un renovado interés en la estimación de funciones de demanda por aquellos bienes consumidos por la unidades familiares.

Dentro la estimación de funciones de demanda por bienes energéticos (electricidad, gas natural, derivados del petróleo, etc.) en general la literatura se divide en dos grandes grupos:<sup>4</sup> en el primero, se encuentran aquellas funciones de demanda uniecuacionales<sup>5</sup> que generalmente no consideran algunos aspectos teóricos y son modelos exclusivamente de corte temporal; en segundo lugar, se encuentran aquellas estimaciones (utilizando datos de panel) provenientes de sistemas de ecuaciones que incorporan la importancia de heterogeneidad de ciertos parámetros y el tratamiento adecuado de la endogeneidad de algunas variables, por ejemplo del gasto total.

La presente sección desarrollará un modelo enmarcado en el segundo grupo, la extensión cuadrática<sup>6</sup> del propuesto por Deaton y Muellbauer (1980). Este tipo de modelos permite la presencia de relaciones cuadráticas entre el gasto total de las familias y el incurrido en determinado bien. En lo que sigue se presentará el Sistema Cuadrático Casi Ideal de Demanda (QUAIDS por sus siglas en inglés) utilizando la notación original y complementándola con la utilizada en Blow (2003) y Koc y Alpaly (2002), las que incorporan adecuadamente las variables demográficas dentro la estimación final.

El QUAIDS se deriva de la siguiente especificación logarítmica cuadrática de la función de gasto de un determinado consumidor:<sup>7</sup>

$$\ln c(u, p) = \ln a(p_i) + \frac{u \cdot \ln b(p_i)}{1 - u \cdot g(p_i)}$$

(1)

Donde:

$u$  es el nivel de utilidad que puede variar entre 0 (subsistencia) y 1 (riqueza<sup>8</sup>).

$a(p)$  es el costo de subsistencia y  $b(p)$  es el costo de la riqueza.

A continuación se presentan las funciones específicas para los índices de precios considerados anteriormente:

<sup>4</sup> Labandeira et al. (2004).

<sup>5</sup> Leth-Petersen (2002).

<sup>6</sup> Desarrollado por Banks et al. (1997).

<sup>7</sup> Una función de gasto define el gasto mínimo que requiere el consumidor para alcanzar determinado nivel de utilidad con precios dados, en el modelo inicial desarrollado por Deaton, A.S. y J. Muellbauer (1980) la función de gasto tomaba la siguiente forma:  $\ln c(u, p_i) = (1 - u) \cdot \ln a(p_i) + u \cdot \ln b(p_i)$ . Se aprecia claramente la razón por la que los índices de precios  $a(p)$  y  $b(p)$  corresponden a determinados estados de bienestar, sin embargo su versión cuadrática propuesta por Banks et al. (1997), permite que las curvas de Engel resultantes no sólo sean lineales, sino también cuadráticas.

<sup>8</sup> La traducción no es del todo correcta, la palabra original en inglés es *bliss*.

$$\ln a(p_t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \ln p_{i,t} + \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{i,j} \cdot \ln p_{i,t} \cdot \ln p_{j,t}$$

(2)

$$b(p_t) = \prod_{i=1}^n p_{i,t}^{\beta_i}$$

(3)

$$g(p_t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \ln p_{i,t}$$

(4)

donde:

$$\alpha_i = \alpha_{i,0} + \sum_{k=1}^K \alpha_{i,k} \cdot z_k^\alpha$$

Las variables z denotan características demográficas como educación del jefe de hogar, vivienda propia, etc. Combinando las ecuaciones anteriores se obtiene la siguiente forma funcional de la ecuación de demanda a estimarse por cada bien:<sup>9</sup>

$$w_{i,t} = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{i,j} \cdot \ln p_{j,t} + \beta_i \cdot \ln \left[ \frac{m_t}{a(p_t)} \right] + \frac{\lambda_i}{b(p_t)} \cdot \ln \left[ \frac{m_t}{a(p_t)} \right]^2 + \varepsilon_{i,t}$$

(5)

Donde  $w_{i,t}$  es la participación en el gasto total del bien  $i$  en el período t,  $m_t$  es el ingreso total (que puede estar medido como el gasto total) en el mismo período, para determinada familia. Resaltan dos características de la ecuación (5; la primera es la relación que existe entre la demanda del bien  $i$  no sólo con su propio precio, sino también con el precio del resto de bienes considerados; la segunda, es la relación cuadrática entre la demanda del bien y el ingreso total, esta forma funcional determina que las curvas de Engel sean no lineales.

También es posible obtener, a partir de esta forma funcional, las elasticidades ingreso y precio de cada uno de los bienes. Diferenciando la ecuación (5) respecto al ingreso (gasto total) se obtiene la elasticidad ingreso del bien  $i$  para cada familia:

$$e_i = 1 + \frac{\mu_i}{w_i}$$

(6)

Donde:

---

<sup>9</sup> Ver anexo 1.

$$\mu_i = \beta_i + \left( 2 \cdot \lambda_i \cdot \ln \left( \frac{m_t}{a(p_t)} \right) \right) \cdot \frac{1}{b(p_t)}$$

Diferenciando la ecuación (5) respecto del precio del bien  $j$  es posible obtener la elasticidad precio no compensada de este bien:

$$e_{ij}^u = \frac{\mu_{ij}}{w_i} - \delta_{ij}$$

(7)

Donde:

$$\mu_{ij} = \gamma_{ij} - \mu_i \cdot \left[ \alpha_j + \sum_{k=1}^n \gamma_{jk} \cdot \ln p_k \right] - \left[ \beta_j \cdot \lambda_i \left( \ln \frac{m}{a(p)} \right)^2 \right] \cdot \frac{1}{b(p)}$$

$$\delta_{ij} = 0 \text{ si } i \neq j \text{ y } \delta_{ij} = 1 \text{ si } i = j$$

Es interesante notar que, de acuerdo a la forma cómo se calculan estas elasticidades, es posible obtener, para cada familia estudiada, la respuesta de la cantidad consumida ante cambios en el nivel de precios o ingreso.

Las técnicas de estimación econométrica del sistema definido por las ecuaciones (2, (3 y (5, varían ampliamente, desde estimaciones de máximaverosimilitud hasta procesos iterativos de regresiones mínimo cuadráticas. En este documento se utilizará aquella propuesta por Blundell y Robin (1999), que consiste en estimar la ecuación (5) a través del siguiente proceso iterativo: se aproximan las ecuaciones (2 y (3 con el Índice de Stone<sup>10</sup> y  $b(p_t) = 1$ , con estos valores, a través de mínimos cuadráticos, se estima la ecuación (5); luego con los valores estimados se aproximan nuevamente las ecuaciones (2 y (3 y el proceso iterativo continúa hasta que determinada convergencia es alcanzada en los parámetros estimados.

Debido a la presunción de correlación contemporánea entre los errores y el ingreso total (a partir de este momento, gasto total), la técnica de mínimos cuadráticos produce estimadores inconsistentes, razón por la que es necesario instrumentar el gasto total con el ingreso total, que bajo condiciones de separabilidad debería estar no correlacionado con el error. Por otro lado se deben tomar en cuenta algunas restricciones teóricas de simetría y homogeneidad de grado cero. La condición de homogeneidad se impone utilizando precios relativos, entonces es necesario eliminar la estimación del bien cuyo precio se utiliza como numerario,<sup>11</sup> finalmente la condición de simetría  $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$  es impuesta durante la estimación.

<sup>10</sup> El Índice de Stone se define como  $\ln p_t^* = \sum_{j=1}^n w_{j,t} \ln(p_{j,t})$ .

<sup>11</sup> También, para estimar los parámetros de la ecuación eliminada, es posible utilizar el resto de condiciones de homogeneidad:  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \sum_{i=1}^n \beta_i = 0, \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,$

Finalmente, dado que muchas familias no reportan gasto en gas natural se utilizó la metodología propuesta en Gómez (1996). Ésta sugiere que en esta situación se estime la variable  $\lambda$  a través de la técnica de dos etapas propuesta por Heckman. Entonces, en la primera etapa se estima la decisión de utilizar gas natural a través de un modelo probit, luego, con los resultados de dicha estimación, se crea una nueva variable  $\lambda$  que es añadida como un regresor adicional.

## ANÁLISIS DE BIENESTAR

La metodología utilizada es la propuesta por West & Williams III (2002), los autores proponen estudiar el impacto sobre el bienestar bajo tres supuestos: 1) que no existe reacción por parte de las familias antes cambios en el precio con elasticidades precio, propias y cruzadas, iguales a cero; 2) considerando solamente las elasticidades precio propias y; 3) considerar las elasticidades precio propias y cruzadas. Bajo el primer supuesto, el cambio en el bienestar es simplemente la variación en el gasto total de cada familia, manteniendo constante la cantidad demandada del energético. La segunda metodología el cambio en el gasto de cada familia  $k$  viene dado por la siguiente especificación:

$$\Delta \ln = \sum_i \left\{ \frac{x_i^k}{e_i^k} \frac{-k}{1+k} \left[ 1 - \left( \frac{p_i^k}{\bar{p}_i} \right)^{k+1} \right] \right\}$$

Donde:

$x_i^k$  = Demanda de gas natural expresada en unidades volumétricas.

$\bar{p}$  = Vector de precios previa a la reforma.

$p$  = Vector de precios post reforma.

$e_i^k$  = Elasticidad precio compensada propia.

Finalmente, cuando sí se consideran las elasticidades precio cruzadas, la metodología QUAIDS permite construir la variación equivalente ( $VE$ ) a partir de la función indirecta de utilidad de las familias, a través de la siguiente expresión:

Donde:

$\bar{m}$  = Gasto total antes de la reforma.

$m$  = Gasto total después de la reforma.

$V(\cdot)$  = Función indirecta de utilidad.

## CASO BOLIVIANO

Una de las propuestas preferidas dentro el sector gubernamental Boliviano es la disminución del precio del gas natural consumidor por el sector residencial, tal como se presentó en la introducción de este documento. En este sentido, esta sección analiza el cambio en el bienestar de las familias ante una disminución en el precio del gas natural distribuido por redes a Bs. 8 por metro cúbico para todos los consumidores.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Este ejemplo se toma de Medinaceli (2009).

La Tabla 1 presenta el cambio en el indicador de bienestar bajo cada uno de los tres métodos explicados anteriormente, agrupados según quintil de ingreso. Los resultados son de interpretación directa, cuando se asume que la demanda de las familias no se modificará, entonces el ahorro de las familias con la disminución en el precio del gas natural, es mayor en el quintil de mayor ingreso. Es decir, disminuyendo el precio a los niveles señalados por el Gobierno Boliviano, las familias del quintil 5 ahorrarían Bs. 47.723; mientras que las familias más pobres, ahorrarían Bs. 7.661. Ciertamente, cuando se permite cierta sensibilidad en la demanda de gas natural, el ahorro tiende a disminuir, la razón es clara, menor precio, genera mayor consumo y, por ello, las familias gastan más en gas natural. Sin embargo, el carácter regresivo de la medida prevalece bajo las tres alternativas.

**Tabla 1: Cambio en los indicadores de bienestar**

Quintil	Método I	Método II	Método III
1	-7,661	-2,135	-5,409
2	-8,382	-2,431	-2,789
3	-14,155	-4,125	-3,961
4	-18,272	-5,379	-5,085
5	-47,723	-11,433	-8,460

Elaboración: Propia

Tomando en cuenta los resultados encontrados, en particular aquél que señala que las familias de mayor ingreso tienden a consumir una cantidad mayor de gas natural, sería razonable proponer que dentro la nueva estructura de precios del gas natural aplicada al sector residencial en Bolivia, incorpore precios no lineales, de tal forma, que familias con mayor consumo enfrenten precios mayores. Dado que los objetivos políticos muchas veces prevalecen sobre aquellos técnicos, entonces, no se puede desechar la idea de que en el futuro los precios del gas natural continuarán subsidiados, o dicho de otra forma, no cubrirán los costos de operación y capital pertinentes. Por ello, una estructura de precios no lineal podría disminuir la distorsión, cobrando el precio adecuado a familias de alto consumo y subsidiando a aquellas que demandan cantidades pequeñas de este producto.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este documento son:

- La información presente en las encuestas de hogares que usualmente realizan los Países Miembros de OLADE puede ayudar, en gran medida, a entender el impacto progresivo/regresivo que pueda tener una política de incrementos/subsidios a los principales derivados del petróleo.
- En este documento se propone utilizar la metodología inserta en los modelos QUAIDS, un sistema cuadrático casi ideal de demanda, y asociarla a los indicadores de bienestar usuales en microeconomía. Así es posible conocer la forma cómo una variación en el precio final de la energía, afecta el bienestar familiar de la muestra dentro la encuesta.

- Aplicando esta metodología al caso Boliviano, respecto al gas natural, se observa que una disminución en el precio de este producto, beneficia en mayor proporción a familias de ingreso elevado; por ello, políticas de precios no lineales aparecen como un buen instrumento para lograr alguna progresividad en la medida.

## REFERENCIAS

Banks, R., R. Blundell y A. Lewbel (1997), 'Quadratic Engel curves and consumer demand', *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 79, No. 4, pp. 527-539.

Blow, L. (2003), 'Explaining trends in UK households spending', *Institute for Fiscal Studies*, WP03/06

Blundell, R. W. y J. Robin, (1999), 'Estimation in large and disaggregated demand systems: and estimator for conditionally linear systems', *Journal of Applied Econometrics*, 14, pp. 209 – 232.

Bourguignon, F. y A. Spadaro, (2005), 'Microsimulation as a tool for evaluating redistribution policies', Mimeo, <http://www.pse.ens.fr/document/wp200502.pdf>.

Choe, C. y I. Moosa, (1998), 'A dynamic forecasting model of oil demand in developing countries", *The Journal of Energy and Development*, Vol. 23, No. 2, pp. 195-206.

Davis, L.W. (2003), 'A dynamic model of demand for durable goods that consume energy', *Mimeo*, Department of Economics - University of Wisconsin – Madison.

Deaton, A.S. y J. Muellbauer (1980), 'An almost ideal demand system', *American Economic Review*, Vol. 70, No. 3, pp. 312-326.

Decoster, A. y G. van Camp (2000), 'The unit of analysis in microsimulation models for personal income taxes: Fiscal unit or households", en Lavinia Mitton, Molly Sutherland y Melvyn Weeks (eds.), ***Microsimulation: Modeling for Policy Analysis***, Cambridge University Press.

Decoster, A. y F. Vermeulen (1998), 'Evaluation of the empirical performance of two-stage budgeting AIDS, QUAIDS and Rotterdam models based on weak separability', *Center of Economic Studies*, Discussion Paper Series DPS 98.08, Departement Economie – Katholieke Universiteit Leuven.

Dubin, J. y D. McFadden (1984), 'An econometric analysis of residential electric appliance holdings and consumption', *Econometrica*, Vol. 52, No. 2, pp. 345-362.

Fernandez, V. (2000), 'Decisions to replace consumer durables goods: An econometric application of wiener and renewal processes', *The Review of Economics and Statistics*, 82 (3), pp. 452-461.

García, D. (2003), 'El sistema casi ideal de demanda: un estado del arte', *Ecos de Economía*, No. 16, pp. 77 – 94.

Greene, W. (1998), **Análisis Económico**, Editora Prentice Hall, Madrid, 3ra. edición de la copia traducida por Hernández, Mora, Perote, Risueño, Sánchez y Sarda, 1999.

Kaplanoglou, G. (2000), 'A microsimulation analysis of the distribution of the indirect tax burden among greek households', en Lavinia Mitton, Molly Sutherland y Melvyn Weeks (eds.), **Microsimulation: Modeling for Policy Analysis**, Cambridge University Press.

Klevmarcken, A. (1997), 'Behavioral modeling in micro simulation models', **Department of Economics Uppsala University**, Mimeo.

\_\_\_\_\_ (2001), 'Micro Simulation – a Tool for Economic Analysis', **Department of Economics Uppsala University**, Mimeo.

Koc, A. y S. Alpay (2002), 'Households demand in Turkey: An application of almost ideal system with spatial cost index', Mimeo, Department of Economics – Bilkent University.

Labandeira, X., Labeaga, J.M. y Rodríguez, M. (2004) 'Microsimulating the effects of household energy price changes in Spain', Mimeo, *Fundación de Estudios de Economía Aplicada*, <http://econwpa.wustl.edu:80/eps/pe/papers/0412/0412001.pdf>.

\_\_\_\_\_ (2005) 'A residencial energy demand system for Spain', WP 2005-001, Mimeo, *Fundación de Estudios de Economía Aplicada*, <http://webs.uvigo.es/xavier/papers/dtfedea.pdf>.

Labandeira, X., y López, A. (2002) 'La imposición de carburantes de automoción en España: Algunas observaciones teóricas y empíricas', *Hacienda Pública Española*. Revista de Economía Pública, pp. 177-210, <http://webs.uvigo.es/xavier/papers/hpe4.pdf>.

Leth-Petersen, S. (2002), 'Micro econometric modeling of household energy use: testing for dependence between demand for electricity and natural gas', *The Energy Journal*, Vol. 23, No. 4, pp. 5784.

Medinaceli, M. (2003), 'Subsidio al precio del gas licuado en Bolivia', *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, Instituto de Investigaciones Socioeconómicas de la Universidad Católica Boliviana, No. 1, pp. 99-133.

\_\_\_\_\_ (2004a), '¿Can the oil sector solve the problem of the fiscal deficit in Bolivia?', *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, Instituto de Investigaciones Socioeconómicas de la Universidad Católica Boliviana, No. 2, pp. 153-157.

\_\_\_\_\_ (2004b), '¿Cómo aprovechar contextos favorables en el sector hidrocarburos?', *Los principales sectores exportadores de Bolivia*, Boletín económico – Análisis de Coyuntura, Fundación Milenio, No. 2, pp 31-44.

\_\_\_\_\_ (2009), 'Consumo de gas natural en Bolivia: Una aplicación del Sistema Cuadrático Casi Ideal de Demanda', a publicarse en el número de diciembre de la Revista de Análisis Económico del programa ILADES/Georgetown University.

Mitton, L., M. Sutherland y M. Weeks (2000), **Microsimulation: Modeling for Policy Analysis**, Cambridge University Press.

Novalés, A. (1993), **Econometría**, Editora Mc Graw Hill, Madrid, 2da. edición, 1996.

Superintendencia de Hidrocarburos: **Informes Estadísticos Varios**, La Paz - Bolivia.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos: **Informes Mensuales Varios**, La Paz – Bolivia.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos: **Informes Estadísticos Varios**, La Paz – Bolivia.