



La Demanda Agregada de Combustibles Líquidos en el Perú

Documento de Trabajo N° 12

Arturo Vásquez Cordano

Oficina de Estudios Económicos

Lima, Febrero del 2005

OSINERG

La Demanda Agregada de Combustibles Líquidos en el Perú

Documento de Trabajo N° 12, Oficina de Estudios Económicos.

Está permitida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio, siempre y cuando se cite la fuente.

Elaborado por: Arturo Vásquez Cordano.

Primera Versión: Diciembre del 2003

Última Versión: Febrero del 2005

Para comentarios o sugerencias dirigirse a:

OSINERG

Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar

Lima, Perú

Tel. (511) 219-3400, anexo 1054

Fax (511) 219-3413

<http://www.osinerg.gob.pe/investigacion>

Correo electrónico: avasquez@osinerg.gob.pe, vasquez.al@pucp.edu.pe

Clasificación JEL: C320, Q410, Q430.



Organismo Supervisor de la Inversión en Energía-OSINERG
Oficina de Estudios Económicos
Documento de Trabajo N° 12

La Demanda Agregada de Combustibles Líquidos en el Perú ¹

Resumen

La industria de hidrocarburos en el Perú es uno de los segmentos de mayor importancia en el aparato productivo dado que genera cerca del 50% del consolidado total de la energía que se demanda en el país. Comprender el funcionamiento de las condiciones de oferta y de demanda de este subsector energético es relevante para el diseño de políticas públicas destinadas a mejorar la eficiencia de la industria, mejorar las condiciones de seguridad y calidad en el uso de combustibles derivados, asegurar el abastecimiento energético y garantizar en el mediano plazo la reducción de la dependencia internacional en la provisión de energía.

En esta perspectiva, este documento presenta un estudio sobre la demanda de combustibles en el Perú, uno de los componentes más relevantes dentro del mercado de hidrocarburos derivados, identificándose que su evolución está marcada por las fluctuaciones del precio del petróleo en el mercado mundial debido al pequeño tamaño de la economía doméstica, y a la carga tributaria a la cual están sometidos los combustibles. Estas dos particularidades, sumadas al hecho que el petróleo es un bien *commodity* altamente transable, configuran un contexto donde los precios que enfrentan los consumidores domésticos son determinados de manera exógena en el mercado nacional de combustibles.

El documento realiza una estimación de la demanda para 6 combustibles: gasolinas de 84, 90 y 97 octanos, diesel 2, kerosene y gas licuado de petróleo,

¹. Se agradecen los valiosos comentarios de Luis Bendezú y José Gallardo. Asimismo, se agradece la asistencia de Fritza Cabrera y Carolina Lenkey en la elaboración del documento, así como el apoyo de Matelly Jordan en la elaboración de la base de datos. El autor desea también agradecer los comentarios formulados al documento por los asistentes al IX Encuentro de Economistas convocado por el Banco Central de Reserva del Perú entre el 26 al 28 de Enero del 2005. Los puntos de vista expresados por el autor no necesariamente reflejan la posición del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía. Los errores u omisiones son de responsabilidad del autor. Remitir comentarios y sugerencias a las siguientes direcciones electrónicas: avasquez@osinerg.gob.pe, vasquez.al@pucp.edu.pe.

con el objeto de calcular las elasticidades precio e ingreso de estos productos y poder realizar ejercicios de simulación sobre la sensibilidad de la demanda ante *shocks* en sus variables relevantes (indicador de ingreso y precios de los combustibles). Dado que las series de tiempo necesarias para llevar a cabo esta estimación son no estacionarias tanto en la media como en la varianza, se utilizará la metodología de Pesaran, Shin y Smith (2001), la cual sugiere utilizar un esquema de Retardos Distribuidos Autorregresivos (ARDL) para evaluar la existencia de relaciones de largo plazo entre las series de ventas de combustibles, precios e ingresos. Este método resulta conveniente para los propósitos del estudio dado que permite evaluar la existencia de relaciones de largo plazo no importando el orden de integración de las variables de interés mediante una prueba F modificada.

Una vez evaluada la presencia de relaciones de largo plazo, se procede a estimar las ecuaciones de demanda log-lineales de acuerdo a Dahl y Sterner (1991), pero que incluyen una estructura ARCH para modelar la varianza con el propósito de controlar la volatilidad en las series. Luego, se procede a estimar un modelo de corrección de errores de acuerdo a los lineamientos de Pesaran et al (2001), con el propósito de realizar un análisis de respuesta a impulsos para evaluar la sensibilidad de la demanda ante cambios en los precios e ingresos.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	6
2. Revisión de la literatura sobre el estudio de la demanda por combustibles	9
2.1. La demanda de combustibles en un contexto de <i>shocks</i> de oferta internacionales	9
2.2. Estudios sobre demanda de combustibles y el <i>shock</i> petrolero de 1973	13
2.3. Principales estudios recopilatorios	14
2.4. Modelos Econométricos más utilizados hasta comienzos de los 90s	19
2.5. Series no estacionarias y el uso de las técnicas de Cointegración	24
2.6. Síntesis de los Resultados	28
2.7. Estudios previos sobre la demanda de combustibles en el Perú	29
2.7.1. Estudio del Instituto Nacional de Estadística e Informática	30
2.7.2. Estudio del Ministerio de Energía y Minas	34
3. Modelo Económico para estimar la Demanda por Combustibles	36
<i>El Modelo ARDL</i>	41
4. Formación de los precios en el mercado de combustibles peruano	47
4.1. El lado de la oferta	47
4.2. Demanda que enfrenta el productor	50
5. Descripción de la base de datos	53
<i>Evolución de los precios: evidencia de exogeneidad</i>	56
6. Metodología	61
7. Resultados	65
7.1. Estimación de las ecuaciones de demanda de combustibles	67
7.2. Estimaciones de los Modelos de Corrección de Errores	73
7.3. Análisis Dinámico	75
8. Conclusiones	81
9. Bibliografía	88
10. Traducciones	92



La Demanda Agregada de Combustibles Líquidos en el Perú

Arturo Vásquez Cordano

1. Introducción

El consumo de combustibles derivados del petróleo, fuente indispensable para el funcionamiento del aparato productivo de toda economía en la actualidad, ha generado una industria de significativa magnitud económica en diversos países del orbe, cuya importancia se ha ido acentuando gradualmente frente al crecimiento de la demanda por fuentes de energía provocada por el desarrollo de las economías, el crecimiento de la población y la relativa escasez de nuevas fuentes petrolíferas a nivel mundial. Por otro lado, el precio del petróleo constituye una variable clave para el funcionamiento de la economía mundial debido, entre otros factores, a que este producto es el más comercializado a nivel internacional, tanto en términos de volumen como en términos de valor.

Sin embargo, la demanda de combustibles, principalmente en aquellos países en desarrollo, está sometida a diversas contingencias provocadas por las variaciones del precio internacional del petróleo como producto de los cambios en su oferta en el mercado mundial. Esta situación provoca que el abastecimiento de petróleo en países importadores netos, (destinado a satisfacer una creciente demanda de combustibles) esté condicionado a constantes *shocks* externos de oferta.

De otra parte, la creciente demanda de combustibles derivados del petróleo y la escasez de fuentes de energía alternativas en los países en desarrollo han conducido a la conformación de esquemas tributarios bastante concentrados





principalmente en la recaudación de impuestos aplicados a este tipo de productos. Ello ha provocado fuertes distorsiones en los precios relativos de los mercados de combustibles, afectando de manera negativa a los consumidores (Kemp; 1994 y Semboja; 1994).

El caso peruano no está exento de las peculiaridades del mercado mundial de combustibles. Debe destacarse que los aspectos más importantes que caracterizan al mercado de combustibles líquidos en el Perú son: i) la dependencia de los precios internacionales; ii) la concentración de la industria de refinación (básicamente en 3 operadores: uno estatal y dos privados); iii) la presencia de una fuerte carga tributaria que afecta a todos los combustibles dada la necesidad del Estado de recaudar fondos fiscales para solventar el déficit público²; iv) la informalidad en la comercialización de combustibles en segmentos relevantes de la industria³.



En este contexto, para llevar a cabo un detallado análisis de los diversos problemas en la industria de hidrocarburos en el Perú es necesario contar con estudios que permitan identificar la demanda de combustibles. El presente documento tiene como principal objetivo plantear un marco econométrico que permita llevar a cabo las estimaciones de la demanda de los combustibles líquidos de mayor importancia en el Perú, estimar las ecuaciones de demanda para calcular las elasticidades precio e ingreso y realizar un análisis de sensibilidad de la demanda ante variaciones en sus determinantes.



². Por ejemplo, la Impuesto Selectivo al Consumo (ISC) aplicado a los combustibles en el Perú equivale al 33% del precio promedio al consumidor final.

³. Véase Vásquez, Gallardo, Bendezú, Salvador y Amézquita (2003) para mayores detalles sobre la informalidad en la industria de hidrocarburos peruana.





Los resultados de las estimaciones de la demanda de combustibles son necesarios para la práctica regulatoria por las siguientes razones. En primer lugar, permitirán identificar de manera adecuada la demanda de los principales tipos de combustibles que se utilizan en el Perú a través de los parámetros de elasticidad precio e ingreso, lo cual es importante puesto que no existen a la fecha estudios similares de carácter público en el Perú. En segundo lugar, se constituirán en una base para la realización de otros estudios como el análisis del contrabando de combustibles en el Perú y el análisis de las distorsiones que genera la estructura tributaria que se aplica sobre los combustibles líquidos. En tercer lugar, harán posible realizar predicciones de corto plazo respecto a la evolución de la demanda de combustibles⁴. Finalmente, permitirán llevar a cabo análisis de organización industrial en el sector hidrocarburos al permitir identificar la demanda de combustibles derivados.



El presente documento se divide en 8 secciones. En la segunda sección se presenta una revisión de la literatura tanto nacional como internacional sobre la estimación de la demanda de combustibles, con el propósito de extraer lecciones para el proceso de selección de la herramienta de estimación y de análisis de la sensibilidad de la demanda. En la tercera sección se lleva a cabo una discusión sobre el marco econométrico y se plantea el modelo a utilizar para el cálculo de las elasticidades precio e ingreso de la demanda, el cual está basado en el enfoque de Pesaran, Shin y Smith (2001).



El enfoque utilizado en este documento para estimar la demanda de combustibles requiere que los precios sean exógenos a la determinación de la demanda. Por ello, en la cuarta sección se realiza una discusión de porqué se

⁴. Este objetivo es importante en el caso peruano puesto que el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG) tiene el encargo de monitorear los precios de los combustibles (los precios internos y aquellos de paridad de importación) y publicar su evolución con el propósito de transmitir transparencia en el mercado, de acuerdo al Decreto Supremo N° 007-2003-EM y la Resolución N° 038-2003 OS/CD.





puede considerar válida la exogeneidad de precios de los combustibles en el caso peruano. En la quinta sección se presenta la descripción de la base de datos utilizada en este documento. Los combustibles analizados son: las gasolinas de 84, 90 y 97 octanos, el diesel 2, el kerosene y el gas licuado de petróleo (GLP)⁵. La sexta sección presenta la descripción de la metodología y la séptima sección presenta los resultados de las estimaciones de las ecuaciones de la demanda, el cálculo de las elasticidades y el análisis de sensibilidad de la demanda. Finalmente, en la octava sección se presentan las conclusiones.

2. Revisión de la literatura sobre el estudio de la demanda por combustibles

2.1. La demanda de combustibles en un contexto de *shocks* de oferta internacionales

El análisis de lo que ha sucedido en el mercado petrolero internacional durante las últimas décadas puede permitir comprender la volatilidad de la demanda (principalmente si se toma en consideración la participación predominante que tiene el petróleo en los balances energéticos de los países a nivel mundial⁶) y la fragilidad de las economías subdesarrolladas como el Perú, ante las violentas sacudidas del precio del crudo registradas en el período 1973-2002. Abordar estos temas permitirá comprender porqué el estudio de la demanda por combustibles cobró un particular interés para los investigadores a partir de esa época.

⁵. Se deja de lado el análisis de la gasolina de 95 octanos debido al hecho que es un combustible cuya demanda es muy baja en relación al resto de productos de la industria de hidrocarburos (1.1% de las ventas totales de combustibles en el año 2003), por lo cual su trascendencia en el mercado de combustibles líquidos es menor.

⁶. Por ejemplo, en el caso peruano, el Petróleo Crudo constituye el 44.1% de la producción de energía primaria, el Gas Natural conforma el 15.1%, mientras que el resto de fuentes de energía (bagazo, leña, hidroenergía, energía solar, carbón mineral, entre otros) representan el 40.8%. Como puede notarse, el balance de energía primaria del Perú señala que los hidrocarburos representan el 59.2% lo cual pone en evidencia la fuerte dependencia del país respecto al oportuno abastecimiento de este combustible. (MEM, 2002).





En 1973 se produjo lo que se conoce en la historia como el “Primer Gran *Shock* Petrolero” durante el cual los precios del petróleo casi se cuadruplicaron⁷, ocasionando serios efectos sobre los distintos agentes que operaban en ese mercado (Hannesson; 1998). El alza de precios a comienzos de los años 70 decretada por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), dirigida a recuperar parte de la renta petrolera que hasta ese momento pasaba a las arcas de las empresas transnacionales y de los gobiernos de los países industrializados, estremeció las estructuras productivas y económicas de la mayoría de países, especialmente en el Tercer Mundo⁸.

Los principales consumidores mundiales de hidrocarburos, concentrados en el núcleo de países industrializados, se ajustaron con gran rapidez a la nueva situación transfiriendo los altos precios de la energía al exterior por la vía de exportaciones. Además, llevaron a cabo de forma bastante generalizada programas de ahorro, conservación y sustitución de petróleo; así como importantes inversiones para explotar las reservas petroleras nacionales, con el objetivo de reducir el consumo de hidrocarburos importados (Dargay y Gately; 1994).

Por su parte, las empresas transnacionales que operaban en este sector fueron beneficiarias netas del alza de precios, ya que el control que tenían sobre las fases superiores del ciclo productivo (refinación y comercialización) les permitió transferir el aumento de los precios al consumidor final. Al mismo tiempo, se revaluaron sus reservas, se estimuló la actividad petrolera en zonas

⁷. El precio del petróleo a fines de 1973 subió de US\$ 3 a US\$ 11 dólares. Información obtenida de *US Energy Information Agency* (<http://www.eia.gov>).

⁸. La guerra entre Egipto e Israel (conflicto de *Yom Kippur*) en octubre de 1973 precipitó la subida del precio internacional del crudo. Los países árabes impusieron, al comienzo de la guerra, un embargo petrolero a los Estados Unidos y a Holanda con el propósito de ejercer presión sobre los gobiernos de los países occidentales por su apoyo logístico a Israel. Véase Hannesson (1998) para mayores detalles.





de altos costos que resultaban rentables en las nuevas condiciones, y se favoreció el desarrollo de programas energéticos alternativos, lo que llevó a que las mismas se convirtieran de transnacionales petroleras en transnacionales energéticas⁹.

Para las naciones subdesarrolladas importadoras de hidrocarburos, el alza de precios del petróleo tuvo un impacto sumamente negativo, que se adicionó al ya preocupante deterioro de los términos de intercambio con los países industrializados. En este grupo de países subdesarrollados, a diferencia de las naciones capitalistas industrializadas, la adopción de medidas de ahorro y conservación de petróleo en gran escala fue imposible en el orden práctico dadas las características de las tecnologías a que tenían acceso, las cuales por lo general requerían un uso intensivo de combustibles derivados del petróleo.

Ante esta situación, los países subdesarrollados importadores netos de hidrocarburos optaron, en la medida de sus posibilidades, por la explotación de las reservas petroleras nacionales y, en algunos casos, por el desarrollo de otras fuentes energéticas. Estos programas fueron financiados en parte con préstamos externos, obtenidos en aquella época con relativa facilidad, lo que se tradujo en elevados niveles de endeudamiento de estas economías.

A partir del alza inicial de los precios del petróleo en 1973-74, se produjeron importantes cambios en la estructura energética mundial, tanto por el lado de la

⁹. Los principales productores de petróleo agrupados en la OPEP acumularon grandes excedentes financieros, los cuales fueron derivados, en gran medida, hacia los países industrializados para asegurar una colocación rentable en los mercados financieros internacionales. Esos recursos generaron una fuente de financiamiento durante la segunda mitad de la década del 1970 para los países subdesarrollados, lo cual aceleró el proceso de endeudamiento externo y de crisis de balanza de pagos en el Tercer Mundo, que alcanzó su mayor dinamismo en ese período. De acuerdo a Hannesson (1998), entre 1974 y 1982 los países miembros de la OPEP registraron un excedente financiero de 471 mil millones de dólares, del cual más de las cuatro quintas partes se colocó en el sistema bancario de los países industrializados. Esta abundancia de capitales permitió que los bancos internacionales realizaran préstamos a los países del Tercer Mundo.





oferta como por el lado de la demanda de hidrocarburos¹⁰. Estas tendencias, sin embargo, comenzaron a sentirse con mayor fuerza después de la escalada de precios ocurrida en 1979-81, también conocida como “Segundo Gran *Shock* Petrolero”. Esta nueva elevación del precio del petróleo se originó, en gran medida, por la interrupción temporal de la oferta petrolera internacional, derivada de la convulsión política en el Medio Oriente durante aquellos años.

Por el lado de la oferta, cobró especial auge la exploración y explotación de nuevas áreas petroleras, lo que condicionó el surgimiento de otros productores-exportadores, que gradualmente fueron desplazando a la OPEP de sus mercados tradicionales. De acuerdo a Hannesson (1998), entre 1973 y 1985 la producción de petróleo fuera de la OPEP se incrementó en casi 52% bajo el estímulo que representaban los altos precios del crudo, mientras que la producción de la OPEP se redujo casi a la mitad en el mismo período, sobre todo durante la primera mitad de los años 80, como resultado de los esfuerzos llevados a cabo por la organización para estabilizar el mercado y mantener el control del mismo.

Por el lado de la demanda, el consumo mundial de hidrocarburos perdió dinamismo de forma sostenida, fundamentalmente después de este segundo *shock*. Esta tendencia se acentuó principalmente en los países altamente industrializados, principales consumidores de hidrocarburos, donde a la contracción de la demanda energética (consistente con la profunda crisis económica de comienzos del decenio de 1980) se sumó la maduración de los importantes programas de ahorro, conservación y sustitución de petróleo,

¹⁰. En 1974 fue creada, por iniciativa del gobierno de los EE.UU, la Agencia Internacional de Energía (EIA), con el propósito de enfrentar a la OPEP y conciliar los intereses de los países de la OCDE en materia energética.





dirigidos a reducir la dependencia del crudo importado, en especial de aquel procedente de la OPEP (Dargay y Gately; 1994)¹¹.

De esta forma, la demanda de petróleo en los países altamente industrializados, se redujo en más de 3% en el período 1979–1985, después de crecer a un ritmo promedio anual de 7.5% entre 1966-1973 y de 0.5% entre 1973-1979. En estos países, el consumo de petróleo disminuyó en casi 40% entre 1973 y 1985 y la participación de este hidrocarburo en el balance energético cayó de 51% a 44% (Pichs; 2001).

2.2. Estudios sobre demanda de combustibles y el *shock* petrolero de 1973

A partir de la crisis petrolera producida en la década de 1970, el estudio de la demanda por energía (combustibles líquidos, gas natural y electricidad principalmente) cobró una gran relevancia para los investigadores especializados, por lo cual se produjo una serie de estudios empíricos que tuvieron como objetivo: i) identificar las condiciones de demanda a través del cálculo de las elasticidades precio e ingreso, para lo cual se hizo uso de diversos modelos estadísticos y ii) plantear políticas de mercado orientadas al monitoreo y estabilización de la demanda, así como al uso racional de los combustibles.

Los estudios especializados han tenido un marcado énfasis en el análisis de la demanda de gasolinas debido a la importancia que tienen estos combustibles en las actividades de transporte y su fuerte incidencia en el ingreso de los consumidores (dado el empleo de gasolinas para el uso de automóviles a nivel residencial). Un aspecto determinante por el cual existe una mayor cantidad de

¹¹. En este contexto, determinados sectores o ramas caracterizados por una baja intensidad en el uso de energía, como son los casos de la biotecnología, la informática y la electrónica, recibieron un gran impulso.



estudios sobre la demanda de gasolinas ha sido la poca disponibilidad de datos para otros tipos de combustibles (McRae; 1994). En la siguiente sección se presenta una breve revisión de la literatura concerniente al estudio de la demanda de combustibles.

2.3. Principales estudios recopilatorios

Los principales artículos de revisión sobre las características de la demanda por combustibles son descritos en orden cronológico en esta sección, con el propósito de presentar la evolución de las estimaciones de la demanda por combustibles.

Drollas (1984) revisa una variedad de estudios académicos y no académicos sobre la estimación de las elasticidades de la demanda de gasolinas para automóviles y provee además cálculos propios acerca de estos parámetros para diversos países de Europa. El autor presenta también, una recopilación de las elasticidades precio e ingreso de estudios previos para Estados Unidos, país en el que se ha realizado la mayor parte de este tipo de estudios. Para este caso se halló que, en promedio, la elasticidad precio de la demanda de gasolina era de -0.8, mientras que la elasticidad ingreso se hallaba cerca a la unidad en el largo plazo. La revisión de los pocos estudios que se recopilaron en esta investigación para otros países sugiere que no hubo diferencias significativas respecto a las estimaciones realizadas en Estados Unidos.

Dahl (1986), en un extenso trabajo recopilatorio, lleva a cabo una revisión bibliográfica sobre los principales estudios que analizan empíricamente la demanda de gasolinas desde la década de 1970 hasta el año 1985, señalando las principales características y resultados de estas investigaciones:

- Alta variabilidad de los resultados estadísticos a través de los diversos estudios: las estimaciones de las elasticidades de la demanda de gasolinas se basan en la aplicación de diversos modelos y la utilización de distintas bases de datos. Las elasticidades precio estimadas varían desde 0.37 hasta -2.42, mientras que las elasticidades ingreso calculadas presentan valores entre -0.84 y 1.94.
- Elasticidades precio e ingreso de corto y largo plazo: las elasticidades del primer tipo miden la respuesta de la demanda ante fluctuaciones de los precios o ingresos que se producen en cortos períodos de tiempo (menos de un año), mientras que las elasticidades de largo plazo miden la sensibilidad de la demanda ante variaciones en los precios o ingresos que se producen en un período de tiempo prolongado (más de un año). Las relaciones de sustitución entre los combustibles pueden ser analizadas con este último tipo de elasticidades, dado que los procesos de sustitución entre los combustibles están asociados a la compra de bienes durables (como vehículos automotores, sistemas de calefacción, etc.) por parte de usuarios residenciales y comerciales.
- Sensibilidad de la demanda ante cambios en el *stock* de vehículos o la eficiencia de los motores: pocos estudios introducen en las funciones de demanda de combustibles alguna de las tres principales variables que tratan de recoger las características de los vehículos automotores: *stock* de vehículos, precios automotores y eficiencia de los motores (medida en millas por galón de combustible). Se considera que la adición de alguna de estas variables afecta el ajuste de largo plazo de la demanda ante shocks por lo cual las elasticidades estimadas para estas variables son consideradas como de largo plazo.

- Forma funcional de las ecuaciones de demanda: los investigadores han tenido una marcada preferencia por el uso de la forma lineal o lineal logarítmica. Las pruebas de Box-Cox señalan que la especificación log-lineal es la que mejor ajuste otorga a los datos utilizados en la estimación de la demanda por combustibles.
- Técnicas de estimación: las técnicas de estimación uniecuacionales, las cuales asumen que los precios de los combustibles son exógenos, son las más comunes. El hecho que un país individualmente (salvo quizá Estados Unidos o Rusia) constituya una pequeña parte del mercado internacional de combustibles (lo cual lo hace dependiente de las fluctuaciones de los precios internacionales) o la existencia de estructuras tributarias internas que gravan fuertemente los combustibles pueden dar sustento a la idea que los precios de los combustibles son exógenos en estas economías y por lo tanto las estimaciones de las elasticidades precio realizadas en estos países no se verán distorsionadas por la presencia de sesgos significativos.

Blum, Foos y Guadry (1988) revisan una serie de estudios sobre estimación de la demanda agregada de gasolinas que utilizan series de tiempo en Alemania y Austria. Los autores establecen una tipología de estos estudios, basados en la estructura econométrica formal de los modelos utilizados. Los modelos son diferenciados de acuerdo a la forma de la función de la demanda, el tratamiento del tiempo y las técnicas de estimación. A partir de los estudios revisados para los casos de Alemania y Austria, se observa que las estimaciones de las elasticidades precio e ingreso varían desde -0.25 a -0.83 y desde 0.86 a 1.90, respectivamente. Según los autores, las diferentes especificaciones en la forma funcional de la demanda producen diferentes estimaciones de las elasticidades.

Dahl y Sterner (1991a, 1991b) examinan diversos estudios sobre estimación de la demanda por gasolinas mediante un exhaustivo trabajo de recopilación de todas aquellas investigaciones comprometidas en el tema, realizadas desde la década de 1970 hasta comienzos de la década de 1990. Los autores estratifican las elasticidades precio e ingreso según tipo de modelo y tipo de datos utilizados, calculando elasticidades promedio para cada categoría. Las elasticidades precio de corto plazo varían entre -0.10 y -0.24, dependiendo del modelo estimado. Las elasticidades precio de largo plazo oscilan entre -0.54 y -0.96. Las elasticidades ingreso promedio de corto y largo plazo son calculadas en 0.48 y 1.21, respectivamente.

Dahl (1995) revisa los trabajos previos sobre la demanda de gasolinas realizados desde 1977 y actualiza sus anteriores investigaciones con evidencia de los estudios más recientes realizados en Estados Unidos. Los estudios revisados fueron llevados a cabo para países industrializados, encontrándose que las elasticidades precio de largo plazo estimadas varían entre -0.7 y -1.0 y las elasticidades ingreso de largo plazo superan el valor de 1.0. En base al análisis de las elasticidades, la autora sostiene que las magnitudes de las elasticidades han ido reduciéndose a lo largo del tiempo, particularmente para el caso de la elasticidad ingreso. Mientras que los estudios previos muestran que las elasticidades precio e ingreso de largo plazo oscilaban entre -0.8 y 1.0, los estudios recientes sugieren que la elasticidad precio e ingreso varían alrededor de -0.6.

Espey (1998) ha realizado un meta-análisis sobre las elasticidades de la demanda de gasolinas para explicar las variaciones en la magnitud de los efectos de los precios y los ingresos. Este trabajo resulta de particular importancia dado que examina empíricamente porqué se producen las



variaciones en las estimaciones existentes, en contraste con otros trabajos donde sólo se identifican las diferencias.

El trabajo se basa en una extensiva revisión de los artículos publicados sobre la estimación de la demanda por gasolinas desde 1966 hasta 1997. En él se analizan 277 estimaciones de las elasticidades precio de largo plazo, 245 estimaciones de las elasticidades ingreso de largo plazo, 363 estimaciones de las elasticidades precio de corto plazo y 345 estimaciones de las elasticidades ingreso de corto plazo. El análisis de la autora provee cuatro modelos que buscan explicar separadamente las variaciones entre los cálculos de estas elasticidades, siendo su principal hipótesis que la dispersión de las estimaciones puede explicarse por la especificación de la forma funcional de la demanda, particularidades en los datos, el período de análisis y los métodos de estimación.



Los resultados de esta investigación indican que las estimaciones de las elasticidades son sensibles a un número de diversos aspectos de la estructuración de los modelos. De acuerdo a sus resultados, los modelos estáticos tienden a producir elasticidades de corto plazo de mayor magnitud y elasticidades de largo plazo más pequeñas, lo cual indicaría que quizás estos modelos producirían elasticidades de mediano plazo. De otra parte, el trabajo señala que las estimaciones de las elasticidades de corto plazo han tendido a decrecer a través del tiempo, mientras que los cálculos de las elasticidades de largo plazo han ido incrementándose. En palabras de la autora:



As price rose during the 1970s and people made some initial adjustments in driving habits and bought more fuel efficient vehicles, there were fewer options for further short run responses to price changes. However, as automobile fuel efficiency improved during the late 1970s and early to mid-





1980s, long run responses to fuel price changes were larger than before 1974. (Espey; 1998:290).

2.4. Modelos Econométricos más utilizados hasta comienzos de los 90s

De acuerdo a las revisiones de los estudios internacionales más importantes sobre la demanda de combustibles llevadas a cabo por Dahl (1986) y Dahl y Sterner (1991), en esta sección se clasifican los distintos modelos econométricos de acuerdo a las diferentes categorías empleadas hasta principios de la década de 1990, con el objeto de identificar las especificaciones más importantes utilizadas en la literatura.

Un aspecto que cabe resaltar es que la forma funcional más empleada en los estudios es la log-lineal debido en primer lugar, a que las pruebas de Box-Cox dan soporte estadístico a favor del empleo de esta especificación¹² y, en segundo lugar, debido a la facilidad de interpretación de las elasticidades estimadas¹³. Entre los modelos identificados destacan los siguientes:

a) Modelo Estático: En este modelo, la demanda de combustibles (V) es una función de su precio real (P) y del ingreso real (Y). De acuerdo a Dahl (1986), los modelos que no incluyen alguna forma de precio e ingreso, son considerados mal especificados. Esta es la especificación más utilizada en la literatura, debido, entre otras razones, a que no requiere del uso de otras variables para estimar las elasticidades.

¹². Véase Dahl (1982).

¹³. La forma log-lineal se deriva de una ecuación de demanda tipo Cobb-Douglas: $D_G = AP^{\beta_1}Y^{\beta_2}e^{\varepsilon}$ donde “ D_G ” es la demanda de combustible, “ A ” es una constante, “ β_1 ” es la elasticidad precio (P), “ β_2 ” es la elasticidad ingreso (Y), “ e ” es el número neperiano y “ ε ” es un error aleatorio. Esta ecuación se linealiza tomando logaritmo natural en ambos lados. Las elasticidades de la demanda se calculan tomando la derivada parcial sobre las variables: $\partial \ln D_G / \partial \ln Y = \beta_2$ y $\partial \ln D_G / \partial \ln P = \beta_1$. Véase Varian (1996).



$$V_t = f_1(P_t, Y_t) \quad (2.1)$$

Algunas de las versiones de esta especificación que han sido utilizadas en la literatura son las siguientes:

- *Modelo que considera la medida del stock de vehículos (VH):* se basa en el empleo de algún indicador sobre el stock de vehículos como variable para controlar los efectos que las variaciones en el parque automotor pueden tener sobre la demanda. No ha sido muy utilizada en los estudios debido a la dificultad para poder encontrar indicadores sobre el número de vehículos durante largos períodos de tiempo.

$$V_t = f_2(P_t, Y_t, vh_t) \quad (2.2)$$

- *Modelo que considera las características de vehículos (CHAR):* este modelo captura ajustes de largo plazo a través del número y características de automóviles. Las limitaciones de las bases de datos vehiculares han impedido que los estudios utilicen con mayor frecuencia esta especificación.

$$V_t = f_3(P_t, Y_t, vh_t, CHAR_t) \quad (2.3)$$

b) Modelo Dinámico: Permite modelar el hecho que el ajuste requiere de cierto tiempo para llevarse a cabo. Para ello incorpora los retardos de las variables explicativas o de la demanda de combustibles. Algunas versiones de esta especificación son:

- *Modelo de Ajuste Parcial*: la demanda de combustibles (V) es una función de su precio real (P), del ingreso real (Y) y de la cantidad de combustibles demandada en el período anterior (V_{t-1}). Este modelo es conocido también como el “Modelo Endógeno Rezagado”. Tiende a mejorar el ajuste estadístico aunque puede presentar problemas de autocorrelación serial debido a la inclusión de retardos de la variable dependiente.

$$V_t = f_4(P_t, Y_t, V_{t-1}) \quad (2.4)$$

- *Modelo de Retardos Distribuidos*: en este modelo se relaja la restricción existente en la ecuación (2.4). Se señala que la estructura de los rezagos de los precios e ingresos deben ser iguales. Estos modelos pueden presentar problemas de identificación de numerosos parámetros si el número de rezagos elegido es muy grande. Sin embargo, este problema puede ser corregido mediante algunas restricciones a la estructura de los rezagos.

$$V_t = f_5\left(\sum_i P_{t-i}, \sum_i Y_{t-i}\right) \quad (2.5)$$

Los modelos pueden considerar rezagos tanto en la variable endógena como en las exógenas (ecuación 2.6).

$$V_t = f_6\left(\sum_i P_{t-i}, \sum_i Y_{t-i}, V_{t-1}\right) \quad (2.6)$$

Por otro lado, existen modelos que adquieren el carácter de dinámico al incluir valores de rezagos en los precios e ingresos y variables para controlar por las características de los vehículos.

$$V_t = f_7 \left(\sum_i P_{t-i}, \sum_i Y_{t-i}, CHAR_t \right) \quad (2.7)$$

Además, se puede obtener un modelo con variable endógena rezagada que incluye el indicador del stock de vehículos rezagado.

$$V_t = f_8 (P_t, Y_t, vh_{t-1}, V_{t-1}) \quad (2.8)$$

Esta ecuación tiene la desventaja que todas las variables que incluyen vehículos tienen una estructura de rezago con decrecimiento geométrico. Una alternativa preferible la constituye el modelo de consumo de gasolina por automóvil sugerido por Baltagi y Griffin (1983):

$$\frac{V_t}{vh_t} = f_9 \left(P_t, Y_t, \frac{V_t}{vh_{t-1}}, vh_t \right) \quad (2.9)$$

Drollas (1984) estima una variante de este modelo a partir del cual desagrega el uso de combustible en utilización (V_t/vh_t) y vehículos (vh_t). De su formulación obtiene una función con la variable endógena rezagada, el precio de los vehículos ($Pveh$), un indicador del precio del transporte ($Ptrans$), el precio rezagado del combustible ($Pgas_{t-1}$) y el ingreso rezagado (Y_{t-1}).



$$V_t = f_8 (P_{gas}, P_{trans}, Y_t, P_{veh}_{t-1}, P_{gas}_{t-1}, Y_{t-1}, V_{t-1}) \quad (2.10)$$

Los modelos utilizados para la estimación de la demanda de combustibles hasta comienzos de la década de 1990 se basaron en el supuesto que los datos observados presentaban un comportamiento estacionario¹⁴. Sin embargo, la evidencia mostrada por autores como Nelson y Plosser (1982), los cuales señalaron que la mayor parte de las series económicas presentan un comportamiento no estacionario, indicaría que el empleo de estos modelos para el análisis de series no estacionarias (como los precios de los combustibles, etc.) podría no ser correcto dado que los resultados probablemente serán espurios¹⁵.

Los desarrollos de la econometría de fines de los 80's y comienzos de los 90's en torno al análisis de cointegración, por el cual es posible discernir la existencia de relaciones de largo plazo entre variables no estacionarias, han permitido resolver gran parte de las limitaciones de los primeros estudios sobre la demanda agregada por combustibles. En la siguiente sección se realiza una revisión de los estudios más importantes que han utilizado las técnicas de cointegración para estimar la demanda de combustibles.

¹⁴. Una serie se dice que es estacionaria débil cuando los valores de ésta retornan a su promedio y que su variabilidad no depende del paso del tiempo. Es decir, es una serie que presenta una media y varianza constante e invariante a lo largo del tiempo (Greene; 2003).

¹⁵. Se dice que una relación entre variables económicas es espuria cuando ésta no guarda sentido con la realidad o carece de explicación causal. En otras palabras, consiste en una simple relación estadística sin ningún sustento económico que toma como válida una relación inexistente o altera la que efectivamente existe. Por ejemplo, en el análisis de regresión de dos variables no estacionarias que no guardan relación (y_t, x_t) según el modelo $y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \varepsilon_t$ donde $\varepsilon_t \sim iid N(0, \sigma^2)$, la hipótesis $\beta_1 = 0$ se rechaza cuando ésta es verdadera (Error Tipo II) debido a una incorrecta especificación del modelo. La prueba t convencional estará sesgada tendiendo en la mayoría de los casos a rechazar la hipótesis nula cuando está es verdadera, por lo cual los valores críticos de la tabla de la distribución t-Student no serán correctos para evaluar esta hipótesis, dado que el estadístico "t" diverge al infinito a medida que la muestra crece. Por tanto, la inferencia estadística en un modelo de regresión con variables no estacionarias no es correcta mediante una estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios. Para mayores detalles véase Granger y Newbold (1974).





2.5. Series no estacionarias y el uso de las técnicas de Cointegración¹⁶

La idoneidad de los diferentes tipos de datos y las metodologías a aplicar en las investigaciones sobre la estimación de la demanda de combustibles es una fuente de constante debate. Muchos estudios recientes han mostrado preocupación sobre el tratamiento que se le debe dar a las series que se requieren para las estimaciones cuando éstas son de naturaleza no estacionaria. Esta situación ha dado lugar a un creciente uso de las técnicas de cointegración¹⁷ que permiten modelar la naturaleza no estacionaria de las series de precio, ingreso y consumo de combustibles de manera explícita. El uso de este método es empleado tanto como un medio para distinguir el comportamiento de corto y largo plazo de la demanda por combustibles, como para calcular la velocidad de ajuste hacia el equilibrio de largo plazo¹⁸.

La aplicación del método de cointegración sigue típicamente tres pasos básicos. Primero, se aplican a las series bajo estudio pruebas estadísticas para evaluar su comportamiento no estacionario. Segundo, si las variables son halladas no estacionarias, la cointegración de las series es evaluada. Así, si se encuentra que existe una relación de largo entre las variables, es posible estimar las elasticidades de largo plazo a partir del modelo de cointegración. Finalmente,

¹⁶. Una revisión panorámica sobre el tema es realizada por Hendry y Juselius (2000, 2001).

¹⁷. El concepto de cointegración ofrece una alternativa para realizar estimaciones consistentes en un contexto de análisis de series no estacionarias. Se dice que dos series de tiempo cointegran cuando puede verificarse empíricamente que ambas guardan una relación estadística de largo plazo. Teóricamente, un grupo de series cointegran cuando existe una combinación lineal de las mismas que es estacionaria. Este concepto fue introducido en la literatura por Granger (1981).

¹⁸. Entre las referencias de la literatura sobre cointegración destacan: Davidson, Hendry, Srba y Yeo (1978); Granger (1981); Engle y Granger (1987); Johansen (1988); Johansen y Juselius (1990, 1992).





las elasticidades de corto plazo y la velocidad de ajuste al equilibrio pueden ser estimadas mediante un modelo de corrección de errores (MCE)¹⁹.

Bentzen (1994) estima las elasticidades de corto y largo plazo para la demanda de gasolina en Dinamarca usando series de tiempo anuales para el período 1948-1991. El modelo que se estima explica el consumo de gasolina per cápita por el precio del combustible, el *stock* de vehículos per cápita, el ingreso per cápita y la eficiencia en el consumo de gasolina, la cual es representada por una tendencia lineal. El autor encuentra una relación estable de largo plazo entre las variables y estima un modelo de corrección de errores para distinguir entre los efectos de corto y largo plazo. Las elasticidades precio e ingreso de corto plazo estimadas son -0.32 y 0.89 respectivamente, mientras que las elasticidades de largo plazo para el precio y el ingreso son -0.41 y 1.04.

Samimi (1995) utiliza las técnicas de cointegración para examinar las características de corto y largo plazo de la demanda de energía en el sector de transporte vial en Australia usando datos trimestrales desde 1980 hasta 1993. El modelo estimado tuvo una estructura con rezagos de las variables dependientes, las cuales incluyen a la gasolina y al diesel 2.

Las variables independientes son los precios de los combustibles, el rezago de la demanda por combustibles del sector transporte y el producto de la industria de transporte, el cual es medido como los beneficios generados por el transporte de bienes y pasajeros. Las elasticidades precio de corto y largo plazo fueron

¹⁹. La validación de la hipótesis de cointegración implica, de acuerdo al Teorema de Representación de Engle y Granger (1987), que es posible plantear un modelo que dé cuenta del comportamiento de la relación económica entre dos o más variables en el corto plazo, de tal forma que se pueda evaluar la estabilidad y convergencia de las variables analizadas en una relación de largo plazo. Este modelo permite capturar la dinámica de ajuste de la relación en cada período tomando en cuenta la presencia de la relación de largo plazo con información sobre el comportamiento de las series de tiempo relacionada a la dinámica de corto plazo. A este tipo de esquema se le conoce como Modelo de Corrección de Errores.



estimadas en -0.02 y 0.12 respectivamente. Las estimaciones de las elasticidades ingreso de corto y largo plazo fueron calculados en 0.25 y 0.48.

El autor resalta que las elasticidades precio e ingreso de largo plazo de la demanda de combustibles para Australia son de menor magnitud respecto a otras estimaciones a nivel internacional, lo cual se explicaría por el uso de diferentes períodos de análisis, por las diferentes técnicas econométricas utilizadas, por cambios en la estructura de mercado y por la mejora en la eficiencia de los motores en los últimos años.

Eltony y Al-Mutairi (1995) estima la demanda de gasolina en Kuwait para el período 1970-1989 usando el método de cointegración de Engle y Granger (1987). El modelo que los autores estiman, el cual es similar al usado por Bentzen (1994), explica el consumo per cápita de gasolina en Kuwait mediante el precio real de la gasolina y el ingreso real per cápita.

Las elasticidades de corto y largo plazo para el ingreso son 0.47 y 0.92, y para el precio son -0.37 y -0.46 respectivamente. El parámetro de ajuste del MCE es -0.52, lo cual sugiere que el consumo de gasolina se alinea hacia el equilibrio de largo plazo en 52% durante el primer año.

La demanda de gasolinas en la India es examinada por Ramanathan (1999), el cual utiliza también la metodología de cointegración. El modelo estimado explica el consumo de gasolina como función del ingreso per cápita y los precios de la gasolina, utilizando datos de series de tiempo anuales desde 1973 hasta 1993. Las elasticidades precio e ingreso de corto plazo son estimadas en 0.21 y 1.18 respectivamente.



El modelo de cointegración indica que la velocidad de ajuste del consumo de gasolina hacia la relación de largo plazo es lenta, a una tasa de 28% del ajuste ocurrido durante el primer año. Las elasticidades precio e ingreso de largo plazo son estimadas en -0.32 y 2.68 respectivamente. El autor sostiene que el bajo nivel de consumo de gasolina y el gradual incremento en el crecimiento económico en la India pueden explicar las diferencias entre sus resultados y aquellos obtenidos en otros estudios.

Uno de los pocos estudios donde se trata el análisis de diversos combustibles para observar las relaciones de sustitución entre ellos es el de Amengual y Cubas (2002), el cual analiza las demandas por nafta²⁰ y diesel 2 en Uruguay mediante las técnicas de cointegración para evaluar el grado de distorsión de los impuestos aplicados a estos combustibles. El estudio dio como resultado para el caso del diesel 2 una elasticidad precio de -0.30 y una elasticidad ingreso de 1.13. En el caso de las naftas los valores obtenidos fueron de -0.45 y 0.57 respectivamente. Las diferencias en las dos estimaciones de las elasticidades, según los autores, responderían al tratamiento impositivo diferenciado que recibieron ambos combustibles en el periodo de estudio, por lo cual las elasticidades de aquel combustible con mayor carga impositiva (naftas) son más elevadas²¹.

Los estudios sobre la demanda de combustibles que emplean las técnicas de cointegración estiman elasticidades precio que son, con frecuencia, bajas respecto a aquellas reportadas en gran parte de los estudios especializados. Los

²⁰. Este término se aplica a varios líquidos volátiles e inflamables obtenidos por destilación de diferentes materiales orgánicos y empleados como combustible para automóviles, disolventes para grasas, gomas y resinas, en especial para la fabricación de barnices y ceras y para la limpieza en seco de textiles. La nafta de petróleo, o nafta mineral es un destilado bruto del petróleo más ligero que el kerosene y con un punto de ebullición más bajo.

²¹. La elevación del impuesto a las naftas en Uruguay ha provocado la sustitución de los vehículos que funcionan con este combustible por vehículos que funcionan con diesel 2. Por ello, el grado de sustitución entre estos combustibles se ha elevado notablemente en los últimos años.



investigadores adoptan esta particular técnica bajo el argumento de que esta metodología es la más apropiada para el análisis de series de tiempo no estacionarias (como las ventas y precios de los combustibles, el ingreso per cápita, etc.).

Sin embargo, los resultados de estos estudios aún se hallan en debate dado que no es claro porqué el uso de estas técnicas da como resultado elasticidades relativamente bajas. Pueden existir diversas razones (como se expone en la siguiente sección) para creer que las elasticidades precio han variado a través del tiempo como resultado del incremento de la eficiencia en el uso de combustibles, un factor que a menudo ha recibido insuficiente atención en varios estudios de cointegración.

2.6. Síntesis de los Resultados

En el Cuadro N° 2.1 se presenta una síntesis de las estimaciones de las elasticidades e precio e ingreso que se han obtenido en los diferentes estudios internacionales revisados en este documento. Sobre la base de la revisión de los principales estudios recopilatorios sobre la demanda por combustibles, existe un claro indicio que las estimaciones de las elasticidades precio e ingreso fluctúan dentro de rangos determinados.

Específicamente, las elasticidades precio de corto y largo plazo varían entre [-0.2, -0.4] y [-0.6, -0.8] respectivamente. Para el caso de la elasticidades ingreso de corto y largo plazo, éstas usualmente son estimadas en los rangos [0.35, 0.55] y [1.1, 1.3] respectivamente.

Cuadro N° 2.1
Resultados promedio de diversas estimaciones de las elasticidades
precio e ingreso de la gasolina

Precio		Ingreso		Número de Estudios	Referencias
Corto Plazo	Largo Plazo	Corto Plazo	Largo Plazo		
-0.22	-0.58	0.39	1.09	11	Bohi (1984) ^{1/}
-0.26	-0.7	0.42	0.8	9	Bohi y Zimmerman (1984) ^{2/}
-0.29	-1.02	0.47	1.38	68	Dahl (1986) ^{3/}
-0.26	-0.86	0.48	1.21	97	Dahl y Sterner (1991) ^{4/}
-0.21	-1.244	0.31	0.86	1	Sterner (1991) ^{5/}
-0.27	-0.71	96	Goodwin (1992) ^{6/}
	-0.12		0.62	1	McRae (1994) ^{7/}
-0.32	-0.41	0.89	1.04	1	Bentzen (1994) ^{8/}
-0.02	-0.12	0.25	0.48	1	Samimi (1995) ^{9/}
-0.04	-0.21	0.32	1.62	1	Eltony y Al - Multairi (1995) ^{10/}
-0.21	-0.32	1.18	2.68	1	Ramanathan (1999) ^{11/}
-0.31	...	0.4	...	1	Haro e Ibarrola (2000) ^{12/}
...	-0.3 a	...	1.13 a	1	Amengual y Cubas (2002) ^{13/}
...	-0.45 b	...	0.57 b		

1-5/ Estudios realizados para países de la OECD, EE.UU., Australia (excepto los países de Luxemburgo, Islandia y Nueva Zelanda).

6/ Compilación de estudios realizados para países de la OECD y EE.UU.: (1980 -1990). Se muestran estimaciones de la elasticidad del precio bajo tiempo no definido, cuyo resultado en promedio es -0.53.

7/ Estudio realizado para diversos países de Asia: Bangladesh, Hong Kong, India, Indonesia, Corea del Sur, Malasia, Pakistán, Filipinas, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia (1973 - 1987). Se emplearon series de tiempo anuales, bajo un modelo de regresión lineal.

8/ Estudio realizado para el caso de Dinamarca (1948 - 1991). Se emplearon series de tiempo anuales, bajo el modelo de cointegración.

9/ Estudio realizado para el caso de Australia (1980 - 1993). Se emplearon series de tiempo trimestrales, bajo el modelo de cointegración.

10/ Estudio realizado para el caso de Kuwait (1970 -1989). Se emplearon series de tiempo anuales, bajo el modelo de cointegración.

11/ Estudio realizado para el caso de la India (1972 - 1994). Se emplearon series de tiempo trimestrales, bajo el modelo de cointegración.

12/ Estudio realizado para diversas ciudades de la frontera norte de México (1995-1999). Se emplearon series de tiempo mensuales, bajo un modelo de regresión lineal en logaritmos.

13/ Estudio realizado para el caso de Uruguay (1988 - 2001): a) Demanda de Gasoil b) Demanda de Nafta. Se emplearon series de tiempo trimestrales bajo el modelo de cointegración.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

2.7. Estudios previos sobre la demanda de combustibles en el Perú

En el Perú se han realizado pocos estudios oficiales publicados sobre la demanda de combustibles. Existen reportes de consultoría de empresas privadas

a los cuales no se ha podido tener acceso, razón por la cual no serán presentados en esta sección. A continuación, se presenta una breve descripción de estos estudios.

2.7.1. Estudio del Instituto Nacional de Estadística e Informática

En el año 1997, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) elaboró un documento de investigación denominado “Elasticidad de la Demanda de los principales Bienes y Servicios consumidos por las Familias de Lima”, cuyo objetivo principal es proporcionar información respecto a la forma en que reaccionan las familias de Lima Metropolitana en relación al consumo de un bien o servicio ante modificaciones de los precios y los niveles de ingreso familiar, es decir, el estudio de las elasticidades de la demanda de los principales bienes y servicios consumidos. Entre los bienes considerados se incluyó a productos como el kerosene, la gasolina y el GLP, casos que constituyen un tema de particular interés para el presente estudio.

Para estimar las elasticidades, en el documento se supone que el consumo familiar per cápita (C) de cualquier bien k depende de su precio (P_k), de los bienes relacionados (P_j), del ingreso familiar per cápita (I), de los años de escolaridad de la madre (E), del número de miembros en el hogar (M), de la ocupación del jefe de hogar (O), del número de perceptores en el hogar (P), del número de niños en el hogar (N) y de los años de constitución del hogar (A).

Esta función de consumo es expresada matemáticamente a través del siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} C_1 &= f(P_1, P_j, I, E, M, O, P, N, A) \\ &\vdots \\ C_K &= f(P_K, P_j, I, E, M, O, P, N, A) \end{aligned}$$



$$C_n = f(P_n, P_j, I, E, M, O, P, N, A)$$

donde: $k = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, n$; y n es el número de bienes analizados en el mercado. La fuente utilizada es la Encuesta Nacional de Propósitos Múltiples (ENAPROM), efectuada por el INEI entre el cuarto trimestre de 1993 y el tercer trimestre de 1994. Dicha encuesta fue aplicada a 4,533 hogares de Lima Metropolitana. Los hogares fueron estratificados en tres categorías, tomando como base el ingreso per cápita del hogar. Los valores de esta variable fueron deflactados con el IPC de Lima Metropolitana para poder ser comparados por trimestres. Se ordenaron los valores de menor a mayor y se definió al primer tercio de hogares como integrantes del estrato bajo, al segundo tercio del estrato medio, y al último tercio del estrato alto. De esta manera, se hallaron resultados de las elasticidades precio e ingreso para los diferentes estratos.



Para el caso de la demanda de gasolinas, en los estratos medio y alto (no se estimó un resultado estadísticamente significativo para el estrato bajo) se hallaron elasticidades precio de valores menores a uno en valor absoluto, lo que indica que la demanda de gasolinas es inelástica en estos estratos. Esto significa que, ante incrementos en el precio de la gasolina, el consumo de la misma en ambos estratos se reduce en una proporción menor a tal incremento.



La magnitud de las elasticidades halladas resulta consistente con lo que señala la intuición económica. En efecto, lo que se espera es que el consumo de una persona perteneciente al estrato alto tienda a sufrir mayor alteración ante un incremento en los precios de la gasolina, debido a que cuenta con una mayor capacidad de sustitución del producto, gracias a su mayor poder adquisitivo.

Por su parte, la elasticidad precio del kerosene es significativa en los tres estratos. La demanda por este producto es inelástica, sin embargo, la magnitud



de las elasticidades halladas sugieren un mayor grado de sensibilidad ante el incremento del precio de la gasolina por parte de los consumidores del estrato bajo, en comparación a los consumidores de los estratos medio y alto. Este resultado es contraintuitivo, pues lo que se esperaría es que este sector no cuente con capacidad de sustituir este producto dado su bajo poder de compra. En este sentido, se puede pensar que el resultado hallado no es el correcto o, en todo caso, que existen productos alternativos al kerosene, posiblemente de muy baja calidad, en el estrato bajo (leña, estiércol, etc).

Con relación a la elasticidad ingreso de la demanda de gasolinas, se obtienen resultados significativos para los tres estratos. Los estratos bajo y alto presentan poca sensibilidad ante cambios en el ingreso, lo que quiere decir que un incremento en los ingresos de los consumidores de estos estratos no implica necesariamente un aumento significativo de sus gastos en gasolina²². Sin embargo, el estrato medio presenta una demanda elástica, lo cual significa que su consumo de gasolina se incrementaría significativamente ante un eventual incremento en sus ingresos.

Es preciso señalar que el estudio realizado por el INEI también estima la elasticidad precio cruzada entre productos como el kerosene y el gas licuado de petróleo (GLP) para el estrato bajo. Los resultados del Cuadro N° 2.2 sugieren el mayor grado de demanda del GLP en relación al kerosene, por parte de este segmento. En efecto, se encuentra que ante incrementos en el precio del kerosene, la demanda por GLP del estrato bajo en Lima suele incrementarse en mayor proporción de lo que se incrementaría el consumo por kerosene ante un eventual alza en el precio del GLP.

²². Para el caso del kerosene, sólo se halló un resultado significativo en el estrato bajo, cuya demanda resulta inelástica también.

Cuadro N° 2.2
Estimaciones previas de las elasticidades de la demanda de combustibles en el Perú

Producto	Estrato	Elasticidad Precio	Elasticidad Ingreso	Elasticidad Precio Cruzada 1/
Gasolina	Bajo	...	0.58	
	Medio	-0.44	1.73	0.34
	Alto	-0.49	0.72	
Kerosene	Bajo	-0.78	0.21	
	Medio	-0.57	...	0.29
	Alto	-0.59	...	

1/ Para el caso de GLP y kerosene. Indica el efecto que tiene sobre la demanda del bien, el incremento de 1% del precio de un producto sustituto cercano.

Fuente: INEI (1997).

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Las limitaciones del estudio radican en el hecho que la metodología, basada en regresiones de tipo Mincer²³, da cuenta del consumo de combustibles sin modelar el proceso de elección discreta subyacente de bienes durables (como el número de cocinas, de automóviles, etc.) que realizan los hogares antes de demandar el uso de combustibles (cuya cantidad se considera continua). En ese sentido, la demanda de combustibles para un hogar es una demanda derivada que se produce por el hecho de satisfacer su necesidad de transporte o generación de energía.

Esta mala especificación puede generar que los estimadores de las elasticidades sean sesgados y presenten problemas de eficiencia. Estimar la demanda de combustibles requeriría el uso de modelos de tipo discreto-continuo, los cuales dan cuenta de este tipo de proceso de elección de acuerdo a lo que han

²³. Véase Mincer (1958).



planteado Dubin y McFadden (1984), y Berkowitz, Gallini, Miller y Wolfe (1990)²⁴.

2.7.2. Estudio del Ministerio de Energía y Minas

Existe en el Perú un estudio publicado por la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) del Ministerio de Energía y Minas (MEM) denominado *Plan Referencial de Hidrocarburos*. En la primera parte del mismo se presentan datos estadísticos y un resumen de la historia de lo acontecido en el sector durante los últimos años. En la segunda parte se muestran proyecciones realizadas para un período de 10 años acerca de la evolución de los principales factores que inciden en el desempeño del sector. Entre éstos destacan el volumen de ventas, el consumo, la producción, la evolución de las reservas de hidrocarburos, la exportación e importación de los diferentes tipos de combustibles en el país y la evolución del mercado de gas natural. A la vez, se presenta un pronóstico acerca de la evolución de los precios internacionales del petróleo crudo y de los combustibles derivados del petróleo que exporta e importa el Perú.

La estimación de la demanda local de combustibles (entendida como el volumen de ventas de los productos derivados del petróleo en el mercado interno) toma en cuenta el comportamiento histórico de la misma, así como también el efecto de la sustitución de los derivados por el gas natural^{25 26}. Esta

²⁴. El análisis de la demanda residencial de combustibles escapa a los objetivos de este documento pero será tratado en una posterior investigación.

²⁵. Se ha considerado que el gas natural del área de Talara y del yacimiento de Aguaytía están manifestando su efecto de sustitución a partir de 1998 y que en el caso del gas natural procedente de Camisea, el efecto se hará efectivo a partir del 2004, año en el que se iniciará su producción.

²⁶. La demanda nacional de derivados del petróleo, considerando el efecto de sustitución de gas natural, se obtiene restando del "Estimado Base" (estimación de la demanda nacional de combustibles que no incluye el efecto sustitución), los volúmenes de derivados que se espera sean sustituidos por gas natural bajo tres escenarios: medio, optimista y pesimista, los cuales toman en





estimación se realiza en base a supuestos sobre la tendencia de la evolución de los indicadores que influyen en ella, asumiendo los siguientes supuestos:

- Se asume que la evolución de la demanda de derivados de petróleo se halla fuertemente relacionada al crecimiento económico del país (PBI). Para realizar las estimaciones con este supuesto, se asume un escenario de crecimiento de la economía, de acuerdo a las siguientes variables: inflación, PBI real, población, parque automotor.
- Se supone que la diferenciación de impuestos aplicados a cada tipo de combustible tiende a mantenerse a través del tiempo para realizar las proyecciones, ello en razón al problema que representaría una nueva estructura tributaria que favorezca aún más el consumo de derivados del petróleo en gran parte importados, como es el caso del diesel 2 en el Perú²⁷.
- Se supone, además, que los programas de protección ambiental que actualmente se están aplicando y que se apliquen en el país en los próximos años, no tendrán efecto importante sobre el consumo de combustibles en el lapso para el que se realiza la proyección. Esto se basa en la idea del fuerte costo de conversión que tendrían que asumir las empresas para poder utilizar combustibles menos contaminantes.

Tal como se puede apreciar, la metodología empleada por el MEM para realizar los pronósticos de la demanda local de los derivados del petróleo no incluye

cuenta los respectivos escenarios definidos para el caso del consumo de gas natural en la generación eléctrica.

²⁷. La estructura tributaria vigente para el sector hidrocarburos incluye impuestos diferenciados que incentivan el consumo de diesel 2, respecto a la gasolina. A la vez, alrededor del 30% del diesel 2 consumido en el Perú es importado.





una relación estructural entre el volumen de ventas, los precios, el nivel de ingresos y los cambios tecnológicos. Por tal motivo, no se pueden obtener a partir de este estudio cálculos y estimaciones sobre las elasticidades de la demanda de los derivados del petróleo en el Perú.

Una vez finalizada la revisión de la literatura relevante sobre los estudios de la demanda por combustibles a nivel nacional e internacional, se presenta a continuación el modelo econométrico propuesto para la estimación de la demanda de combustibles.

3. Modelo Econométrico para estimar la Demanda por Combustibles

En la década de 1930 se inició el desarrollo de modelos de regresión para el análisis de series de tiempo frente a la necesidad del diseño de políticas económicas basadas en el estudio de los principales agregados macroeconómicos (PBI, gasto fiscal, exportaciones, etc.) en Estados Unidos y Europa. Sin embargo, Yule (1926) presentó una de las primeras críticas a la utilización de estos modelos señalando que se tenía que tener cuidado con la utilización de algunas series de tiempo, dado que la inclusión de determinadas variables podrían arrojar en el análisis relaciones sin sentido.

En las décadas de 1940 y 1950 se desarrollaron los modelos estructurales de ecuaciones simultáneas y los modelos de retardos distribuidos²⁸ (ARDL) como expresiones estadísticas de los procesos que siguen las variables económicas. Sin embargo, se presentaron algunas críticas a estos modelos:

²⁸. Un modelo de retardos distribuidos consiste en una ecuación de regresión en donde se incorporan rezagos tanto de las variables dependientes (a explicar), como del conjunto de las variables independientes (explicativas) y se asume que el término de error es no correlacionado serialmente y es homoscedástico (es decir con varianza constante).



- Granger y Newbold (1974) y Phillips (1986) señalan que el empleo de series de tiempo altamente correlacionadas o que presentan un comportamiento no estacionario (series integradas) para la estimación de los modelos genera resultados espurios o sin sentido económico.
- Sims (1980) plantea que los modelos de ecuaciones simultáneas estructurales requieren condiciones de identificación que resultan increíbles y que carecen de sentido económico. El autor propone el análisis a-teórico (en el sentido de la teoría económica), simétrico y estadístico de las variables a través del uso de modelos de vectores autorregresivos.
- Engle (1982) señala que la presencia de un comportamiento no estacionario en la varianza de algunas series de tiempo (como por ejemplo, los precios de los combustibles, el precio del petróleo, los rendimientos de activos financieros en la bolsa, etc.) puede traer como consecuencia la presencia de estimadores ineficientes²⁹ en modelos que incorporen este tipo de series.

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, en la década de 1980 hubo el interés por resolver el problema del análisis de series no estacionarias, desarrollándose un conjunto de investigaciones que propusieron diversas técnicas para evaluar la estacionariedad de las series, el orden de integración de las variables³⁰ y si aquellas se hallan cointegradas (en el caso que el análisis sea

²⁹. Desde un punto de vista estadístico, un estimador será eficiente si su varianza es la mínima posible dentro de la familia de estimadores insesgados.

³⁰ En torno a la confirmación de la ausencia de tendencia (determinista o aleatoria), hay un nutrido conjunto de teorías y desarrollos matemáticos centrados en la diferenciabilidad de la serie temporal y en la existencia o no de raíces unitarias a partir de las pruebas de Dickey y Fuller (1979), Dickey y Said (1984) y Phillips y Perron (1988) por citar algunos ejemplos. Véase Enders (1995).



sobre múltiples variables). Sin embargo, el análisis de series de tiempo bajo el esquema de vectores autorregresivos (VAR)³¹ o bajo el marco de cointegración presenta algunas limitaciones:

- En el método VAR se prescinde de la teoría económica y se pone mayor énfasis en los resultados estadísticos. Las variables son analizadas de manera simétrica por lo cual no existe diferencia entre variables exógenas y endógenas en los modelos.
- Antes de la realización de las estimaciones de los modelos, se requiere clasificar a las variables en función a su orden de integración: integradas de orden cero (estacionarias) o integradas de orden superior (no estacionarias). Un problema que surge al momento de la clasificación es que los contrastes y las pruebas de raíz unitaria tienen bajo poder en muestras pequeñas.
- Los métodos no admiten la posibilidad de combinar variables de distinto orden de integración en el análisis.
- Los métodos no permiten controlar la volatilidad de las series si aquellas presentan no estacionariedad en la varianza.

Respecto al último punto, es necesario comentar que no tener presente la no estacionariedad de la varianza puede generar diversos problemas estadísticos cuando se estiman modelos econométricos (problemas ligados con la eficiencia de los parámetros estimados). La modelación de la no estacionariedad de la

³¹. Un modelo VAR (p) es un sistema de ecuaciones donde las variables son analizadas de manera simétrica, es decir, no existe diferencia entre variables dependientes o independientes considerándose todas como endógenas. La estructura del modelo incorpora “p” rezagos de las variables en cada ecuación existiendo tantas ecuaciones como variables haya en el sistema. Este modelo fue propuesto en la literatura por Sims (1980).





varianza en los modelos econométricos fue planteada por Engle (1982), el cual introdujo en la literatura los modelos ARCH (Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva).

El problema de la heterocedasticidad se presenta en un modelo de regresión de series temporales cuando la varianza de los errores de este modelo no permanece constante a lo largo del tiempo. Engle (1982), a partir de su estudio sobre la inflación en el Reino Unido, encontró evidencia que la varianza de los errores en modelos de regresión de tipo $y_t = \beta'x_t + \varepsilon_t$ (donde ε_t es el término de error) con variables muy volátiles es menos estable de lo que usualmente se asumía. El autor propuso una manera para controlar este problema modelando la varianza condicional del modelo en función de los rezagos de los errores al cuadrado de la siguiente manera:

$$Var(\varepsilon_t | \varepsilon_{t-1}) = E(\varepsilon_t^2 | \varepsilon_{t-1}) = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (3.1)$$

En el artículo seminal de los modelos ARCH, Engle (1982) cita tres situaciones que motivan y justifican la utilización de estos modelos:

- La experiencia empírica lleva a contrastar períodos de amplia varianza de los errores en los modelos de regresión, seguidos de otros de varianza más pequeña³². Es decir, el valor de la dispersión del error respecto a su media cambia en el pasado, por lo que es lógico pensar que un modelo que se basa en la predicción de los valores de dicha varianza en el pasado servirá para realizar estimaciones más precisas.

³². Entiéndase por volatilidad concentrada (*volatility clustering*) un efecto que se presenta cuando la volatilidad de una variable se halla concentrada en ciertos períodos de tiempo. Véase Bendezi (2002).





- En segundo lugar, Engle (1982) expone la validez de estos modelos para determinar los criterios de mantenimiento o venta de activos financieros. Los agentes económicos deciden esta cuestión en función de la información proveniente del pasado respecto al valor medio de su rentabilidad y la volatilidad que ésta ha tenido. Con los modelos ARCH se tendrían en cuenta estos dos condicionantes.
- El modelo de regresión ARCH puede ser una aproximación a un sistema más complejo en el que no hubiera factores con varianza condicional que depende del tiempo.

En definitiva, la clave de estos modelos está en considerar la información pasada de la variable y su volatilidad observada como factor altamente explicativo de su comportamiento presente y, por extensión lógica, de su futuro predecible. Modelar la demanda de combustibles bajo este enfoque puede ser útil para controlar la volatilidad que habitualmente está presente en las series de precios de los derivados del petróleo. Sin embargo, a fines de la década de 1990 las investigaciones llevadas a cabo por autores como Pesaran, Shin y Smith³³ han propuesto el resurgimiento del modelo ARDL debidamente re-especificado. Bajo el supuesto de la existencia de una relación no espuria de largo plazo entre las variables, el modelo ARDL puede servir para el análisis de series temporales que tengan o no un comportamiento no estacionario, utilizando las técnicas estándares de estimación e inferencia. Con el propósito de ilustrar la relevancia de este enfoque para la estimación de la demanda de combustibles, en la siguiente sección se describe el modelo ARDL re-especificado.

³³. Véase Pesaran (1997), Pesaran y Shin (1999), y Pesaran, Shin y Smith (2001).



El Modelo ARDL³⁴

Definamos al modelo ARDL (p, q) como:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^p \lambda_j Y_{t-j} + \sum_{i=0}^q \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

donde “q” es el número de rezagos de las variables independientes X_t , “p” es el número de rezagos de la variable dependiente Y_t , α_0 es la constante, β_i es el vector de coeficientes de las variables independientes X_t , λ_j es el vector de coeficientes de los rezagos de la variable Y_t y ε_t es el error aleatorio del modelo. Es posible añadir a este esquema componentes determinísticos como variables ficticias de control estacional, tendencia lineal o variables exógenas que no presentan rezagos. Para simplificar la exposición, se asume el caso donde $p = 1$ y $q = 1$, por lo cual la ecuación (3.1) queda expresada de la siguiente forma:

$$\Delta Y_t = \alpha + \lambda_1 Y_{t-1} + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Reescribiendo la ecuación (3.3) en diferencias parciales, se tiene que:

$$\Delta Y_t = \alpha - \phi Y_{t-1} + \delta X_{t-1} + \beta_0 \Delta X_t + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

donde $\phi = 1 - \lambda$ y $\delta = \beta_0 + \beta_1$

Es posible evaluar si no existe una relación de largo plazo realizando el siguiente contraste de hipótesis sobre los parámetros de las variables en niveles:

³⁴. Véase Greene (2003), Capítulo N° 19, para una revisión sobre este tipo de modelos.

$$H_{NRLP} : \phi = 0 \quad \wedge \quad \delta = 0 \quad (3.5)$$

Este contraste señala que las variables en niveles que se encuentran en la ecuación (3.4) no son significativas, por lo cual no es posible la existencia de una relación entre éstas en el largo plazo. El rechazo de esta hipótesis señalaría la existencia de una relación entre estas variables. Pesaran, Shin y Smith (2001) han desarrollado un procedimiento para evaluar la existencia de una relación en niveles entre la variable dependiente y el conjunto de regresores en la ecuación (3.2), cuando no es conocido con certeza el orden de integración de las variables, no importando si las variables son estacionarias, no estacionarias o mutuamente cointegradas. La prueba propuesta por los autores para evaluar H_{NRLP} consiste en emplear el estadístico F-Fischer convencional para evaluar la significancia de los rezagos de las variables en niveles Y_t y X_t en la ecuación (3.4), que viene a ser un modelo de corrección de errores irrestricto simplificado.

Sin embargo, el problema para llevar a cabo este contraste es que la distribución de probabilidad del estadístico bajo la hipótesis nula no es estándar si es que las variables son de diferente orden de integración, por lo cual no es posible realizar la prueba estadística utilizando las técnicas convencionales. Para solucionar este inconveniente, los autores derivan una distribución asintótica para el estadístico y definen diversas alternativas de contraste para un conjunto de regresores en el modelo ARDL, que son una combinación de variables estacionarias y no estacionarias. Dos conjuntos de valores críticos son provistos por los autores para dos casos extremos: por un lado que todos los regresores son no estacionarios $I(1)$ y por otro lado que todos los regresores son estacionarios $I(0)$. Dado que el conjunto de valores críticos para cada caso define una banda de valores críticos para todas las combinaciones posibles de regresores en el modelo (variables puramente no estacionarias, puramente

estacionarias, o mutuamente cointegradas), los autores proponen la siguiente metodología para evaluar (3.5):

- Calcular el F-estadístico para evaluar H_{NRLP} .
- Comparar el estadístico calculado con los límites de la banda de valores críticos propuestos por Pesaran, Shin y Smith (2001).
- Si el F-estadístico cae fuera de la banda de valores críticos (el límite inferior de la banda define el caso donde todos los regresores son estacionarios $I(0)$, el límite superior de la banda define el caso donde todos los regresores son no estacionarios $I(1)$), entonces se puede sostener, de manera conclusiva, que existe una relación estable de largo plazo entre las variables independientemente de si éstas son estacionarias o no estacionarias en el modelo ARDL.
- Si el F-estadístico cae dentro de la banda, realizar una inferencia conclusiva sobre la existencia de una relación de largo plazo requiere de un conocimiento a priori del orden de integración o cointegración entre los regresores y la variable dependiente.

Si la hipótesis de la relación de largo plazo entre las variables en el modelo ARDL es válida, es posible re-expresar el modelo bajo una especificación de corrección de errores³⁵:

³⁵. El modelo de corrección de errores permite explicar la dinámica de corto plazo de un sistema de variables recogiendo información sobre la dinámica de largo plazo de las series de tiempo analizadas. El residuo de la ecuación de largo plazo (aquella que da cuenta de las variables en niveles) es introducido en la ecuación de corto plazo.

$$\Delta Y_t = \alpha - \phi [Y_{t-1} - \theta X_{t-1}] + \beta_0 \Delta X_t + \varepsilon_t \quad (3.6)$$

donde $\theta = \frac{\delta}{\phi} = \frac{\beta_0 + \beta_1}{1 - \lambda}$, siendo ϕ el parámetro de ajuste, y $\zeta_{t-1} = Y_{t-1} - \theta X_{t-1}$ la

relación de largo plazo en el modelo.

La ecuación (3.6) permite dar cuenta de la dinámica de corto plazo de la variable dependiente incorporando información sobre el mecanismo de ajuste de las desviaciones de la relación de largo plazo entre las variables en niveles Y_t y X_t , la cual es recogida en el parámetro ϕ . Si este coeficiente es igual a -1, quiere decir que el ajuste del modelo es instantáneo. En caso contrario, si el coeficiente es estimado entre [0, -1], el ajuste al equilibrio no será instantáneo, por lo cual existirá un desfase para la corrección de las desviaciones de largo plazo.

Una vez que se ha validado la hipótesis de la existencia de una relación de largo plazo no espuria entre las variables en un modelo ARDL, ésta puede ser estimada de manera convencional utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)³⁶. Pesaran y Shin (1999) han demostrado que es posible realizar inferencia estadística sobre los parámetros del modelo de corto y largo plazo a partir de los estimadores MCO una vez que el número de rezagos del modelo ARDL es apropiadamente aumentado³⁷ para eliminar la autocorrelación

³⁶. Pesaran y Shin (1999) demuestran que utilizando un número adecuado de rezagos en el modelo ARDL, los estimadores MCO de los parámetros del modelo de corto plazo (3.6) se distribuyen asintóticamente siguiendo una distribución normal estándar, que los coeficientes de la relación de largo plazo $\zeta_{t-1} = Y_{t-1} - \theta X_{t-1}$ son súper consistentes, y que es posible realizar inferencia estadística de manera válida utilizando la teoría estadística basada en la distribución normal estándar.

³⁷. Es posible utilizar los criterios de Akaike y Schwartz para seleccionar el número de rezagos.

serial de los residuos, aún si los regresores son endógenos e independientemente de si son estacionarios o no estacionarios³⁸.

La metodología propuesta por Pesaran, Shin y Smith (2001) resulta ser una alternativa conveniente para estimar la demanda de combustibles dado que permite modelar el comportamiento del consumo de combustibles a través del tiempo, independientemente de si los precios, el ingreso per cápita, y cualquier otro indicador que dé cuenta de las variaciones del consumo sean estacionarios o no estacionarios.

Las estimaciones de la relación entre las variables explicativas de la demanda y el consumo de combustibles permiten calcular las elasticidades de largo plazo, las cuales indican cuál es la sensibilidad de la demanda ante variaciones porcentuales en el precio o el ingreso per cápita dentro de un período prolongado de tiempo (más de un año). Por otro lado, la metodología presentada es más atractiva frente a esquemas restringidos como el sugerido por Engle y Granger (1987), Johansen (1988) o Johansen y Juselius (1990) para los cuales se necesita, en primer término, verificar el orden de integración de las series y, en segundo término, emplear series no estacionarias de orden I(1).

Además, una vez dada por válida la hipótesis de la existencia de una relación de largo plazo entre las variables que determinan la demanda de combustibles, es posible escribir un modelo de corrección de errores (MCE) el cual dé cuenta de la dinámica de corto plazo que dirige la demanda, así como estimar las elasticidades de corto plazo que indican cuán sensible es la demanda ante cambios en sus determinantes en períodos cortos de tiempo (menos de un año).

³⁸. En síntesis, las condiciones sobre las cuales es posible utilizar el modelo ARDL son las siguientes: i) los regresores deben ser estadísticamente exógenos, ii) los errores del modelo deben ser no autocorrelacionados, y iii) el modelo debe contener el número apropiado de rezagos para controlar la posible endogeneidad de los regresores.

La especificación MCE permite realizar un análisis de respuesta de la demanda antes impulsos o shocks en los precios e ingresos, siendo para ello necesario reescribir el vector de corrección de errores como un vector de medias móviles (VMA) dado que, de acuerdo a Sims (1980), bajo esta representación es posible trazar las sendas temporales (*time-paths*) de las variables del sistema ante diversas innovaciones exógenas en los regresores.

Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, el esquema propuesto por Pesaran, Shin y Smith (2001) requiere para su correcta especificación que los regresores (es decir, los precios de los combustibles, el ingreso per cápita, entre otros) sean exógenos³⁹ en el modelo. En caso contrario, sería necesaria la utilización de un modelo de ecuaciones simultáneas donde se dé cuenta tanto de las condiciones de oferta como de demanda para identificar el mercado. Una limitación del esquema propuesto por Pesaran y Shin (1999) es que está diseñado para tratar la estimación de modelos uniecuacionales⁴⁰.

No obstante, dadas las características del mercado de combustibles, es posible sostener que los precios de estos bienes son exógenos, lo cual permitiría la

³⁹. “La literatura especializada indica que una estimación de una sola ecuación es válida siempre que los parámetros estimados sean independientes del proceso generador de datos de los regresores y viceversa. De no ser así, será preciso que dichos procesos sean incorporados en la estimación de la demanda [de combustibles] usando como herramienta un sistema de ecuaciones” (Gallardo, Bendezú y Coronado; 2005: 104).

⁴⁰. Al respecto los autores señalan lo siguiente: “The theoretical analysis and the Monte Carlo results presented in this paper provide strong evidence in favor of a rehabilitation of the traditional ARDL approach to time series econometric modeling. The focus of this paper, however, has been exclusively on single equation estimation techniques and the important issue of system estimation is not addressed here. Such an analysis inevitably involves the problem of identification of short-run and long-run relations and demands long-run modeling in the context of an unrestricted VAR model has been addressed elsewhere [...] An alternative procedure, which takes us back to the Cowles Commission approach, would be to extend the ARDL methodology advanced in this paper to systems of equations subject to short-run and/or long-run identifying restrictions. We hope to pursue this line of research in the future; thus establishing a closer link between the recent cointegration analysis and the traditional simultaneous equations econometric methodology (Pesaran y Shin; 1999: 24).



utilización de esta metodología. En la siguiente sección se presenta una breve descripción de las particularidades de la determinación de los precios en el mercado de combustibles líquidos en el Perú. Una vez presentado el modelo para estimar la demanda de combustibles, se realiza a continuación una breve discusión sobre la formación de los precios de estos productos en el caso peruano, con el objeto de evaluar si es que los determinantes de dichos precios son exógenos al mercado doméstico. Esta condición, como ya se ha mencionado, es clave para que el modelo de estimación propuesto sea válido.

4. Formación de los precios en el mercado de combustibles peruano

4.1. El lado de la oferta

En el Perú existen siete refinerías, de las cuales seis se hallan operativas⁴¹. Dentro de este grupo, cinco refinerías son de propiedad de la empresa estatal PETROPERU, la cual administra 4 refinerías: Refinería Talara, Conchán, Iquitos y El Milagro. Las refinerías más importantes son: Refinería La Pampilla (cuyo operador técnico es el consorcio RELAPASA) y Refinería Talara (de propiedad estatal). Estas refinerías concentran en conjunto el 84% de la capacidad instalada de refinación, determinando así que la oferta de combustibles en el país esté representada sólo por dos empresas que abastecen tanto la demanda interna como la externa.

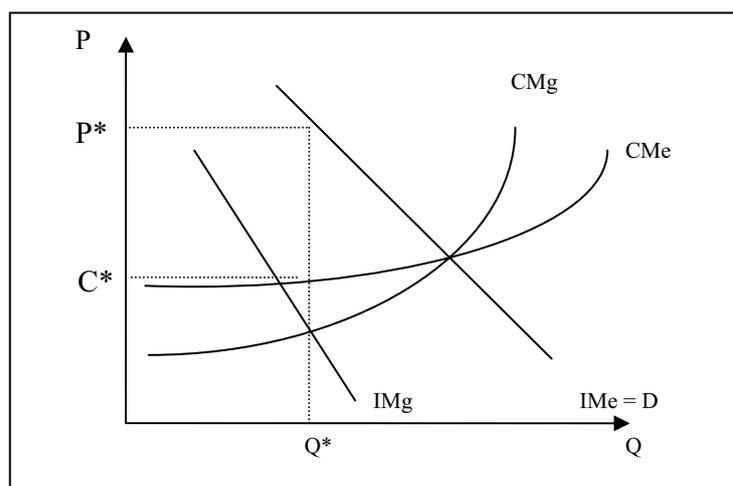
Dado que sólo dos empresas enfrentan a toda la demanda de combustibles, se puede decir, desde un punto de vista teórico, que el mercado peruano de combustibles líquidos presenta una estructura duopólica en la refinación. Según la teoría económica, dada una curva de demanda fija, la “curva” de oferta del duopolio estará constituida únicamente por un punto, a saber, aquella

⁴¹. La Refinería de Shiviayacu, situada en Iquitos, de propiedad de la empresa de capitales argentinos PLUSPETROL, no opera regularmente. Sin embargo, sirve para el abastecimiento eventual de las operaciones de exploración y explotación que realiza esta empresa en la selva peruana.



combinación precio-cantidad con la que el ingreso marginal de la industria iguala al costo marginal (véase el Gráfico N° 4.1).

Gráfico N° 4.1
Determinación del Precio en un mercado monopolizado



El precio en un mercado monopolizado, se fija cuando $IMg = CMg$.
La fijación del precio P^* dependerá de la elasticidad de la curva de demanda D ,
que para el monopolio representa la curva de ingreso medio,
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos-OSINERG.

Bajo un esquema duopólico, las firmas buscan, a través de su política de precios o de la fijación de su nivel de producción, obtener el máximo beneficio posible. En función de la elasticidad precio de la demanda, el duopolio en la refinación puede decidir la cantidad de combustibles que producirá buscando maximizar su ganancia. Esto determinaría a su vez, el nivel de precios en el mercado.

La decisión de producción del duopolio determina el precio del bien. Sin embargo, en el caso particular del mercado de combustibles en el Perú, un



monto importante del precio se determina de manera exógena en el mercado. Entre los factores que explican esta exogeneidad, tenemos:

- Dependencia de precios internacionales: los precios del petróleo nacional, mediante contratos indexados y sus derivados, se encuentran sujetos al precio internacional del petróleo. Ello implica que el precio neto de refinería debería ser similar al precio de paridad de importación. Cabe mencionar que antes del proceso de privatización del mercado de combustibles local a mediados de la década de 1990, cuando los precios internacionales se incrementaban, los precios internos no reaccionaban ante estas variaciones porque el mercado estaba intervenido por el Estado a través de la empresa PETROPERU S.A. Es sólo a partir de la privatización de la Refinería La Pampilla y de los terminales de almacenamiento de PETROPERU, así como de la liberalización del mercado, que los precios nacionales tendieron a reflejar los precios internacionales⁴².
- Alta carga impositiva sobre los combustibles: la carga tributaria que pesa sobre el precio de los combustibles líquidos es bastante fuerte, dado que en promedio constituye el 47% del precio al consumidor. Por otro lado, los cambios en las tasas de los diversos impuestos que se

⁴². A inicios de la década de los 90's, el mercado peruano de combustibles era operado por la empresa PETROPERU S.A. que constituía un monopolio estatal. Esta empresa acumulaba, al momento de la privatización, pérdidas por US\$ 2,500 millones. Como consecuencia de ello, las inversiones en exploración cayeron, por lo que las reservas de petróleo disminuyeron, causando el rápido declive de la producción y el correspondiente incremento en el nivel de importaciones de crudo y sus derivados (principalmente de diesel 2). Ello, sumado al hecho que la inversión en este sector se hallaba en sus niveles históricos más bajos, determinaron que a mediados de 1993 se promulgara una nueva ley para el sector hidrocarburos (Ley N° 26221) dentro del marco de reformas estructurales de la economía peruana. Dicha ley establece las políticas básicas que se han implementado para reformar el sector, entre las que destaca: i) precios determinados por las fuerzas de la oferta y la demanda; ii) fin del monopolio de PETROPERU y la libre entrada de compañías privadas a cualquier actividad de la cadena de producción del petróleo o gas, tanto en el segmento *upstream* como en el segmento *downstream* de la industria.



aplican sobre el mercado de combustibles, tales como el ISC (Impuesto Selectivo al Consumo), el IGV (Impuesto General a las Ventas) y el Impuesto al rodaje (en el caso de la gasolina), se determinan de acuerdo a la política fiscal vigente del Estado. Por lo tanto, las variaciones de dichas tasas impositivas son exógenas a la función de demanda (véase el Gráfico N° 5.5 en la Sección 5.1).

- Alta transabilidad de los combustibles: los combustibles líquidos son bienes con alto grado de transabilidad. Una de los principales rasgos del petróleo y sus derivados es que son considerados como bienes *commodity*⁴³.

4.2. Demanda que enfrenta el productor

Si las empresas refinadoras tienen conocimiento de la elasticidad precio de la demanda, en teoría se puede determinar el nivel de producción con el que pueden maximizar sus ganancias. Tal como se ha mencionado, dado que los precios locales de combustibles líquidos son determinados en gran parte de manera exógena, los combustibles deberían ser vendidos en principio a un monto similar al precio de paridad de importación. Sin embargo, puede existir cierto margen de acción por parte de las refinerías al momento de fijar el precio neto de refinería (precio antes de impuestos) que les permitiera obtener el margen de ganancia que les incentiva a operar en el mercado.

⁴³. Un *commodity* es aquel bien que es susceptible de ser transado fluidamente en el mercado internacional, cuyas características están estandarizadas y cuyos precios se fijan conforme al movimiento de la oferta y demanda de dicho mercado. Para mayores detalles sobre estos productos véase Gallardo, Vásquez y Bendezú (2005).

Por ejemplo, tomando como dada la elasticidad precio de la demanda de combustibles y asumiendo que el duopolio en la refinación forma estrategias a la manera de Cournot⁴⁴, la condición de equilibrio es la siguiente⁴⁵:

$$p(Q) \left[1 - \frac{S_i}{|\varepsilon_p|} \right] = Cmg(q_i) \Rightarrow \text{Precio Neto de Refinación (PN)} \quad (4.1)$$

$$\Rightarrow p(Q) = (1 + z_i) Cmg(q_i)$$

Donde:

$$S_i = \frac{q_i}{Q} = \text{Grado de Participación de las Firmas}$$

$$(1 + z_i) = \text{Margen de Refinación}$$

Para la determinación del precio neto de refinación en un esquema de mercado como el descrito, el duopolio toma en cuenta tanto sus costos marginales, como cierto margen de ganancia (*mark up*) conocido como “margen de refinación”⁴⁶, el cual se justifica para cubrir el riesgo asumido al participar del negocio. El costo marginal del productor incluye la retribución a los factores, los costos variables propios de la inversión, y los precios internacionales del petróleo.

El *mark up*⁴⁷ depende de manera inversa de la elasticidad precio de la demanda y de la participación de mercado de la empresa. La idea es que las empresas

⁴⁴. Uno de los primeros investigadores que desarrolló modelos de oligopolio fue Antoine Augustin Cournot en 1838, matemático francés que formalizó un modelo donde dos empresas que poseen manantiales naturales eligen simultáneamente la cantidad de agua a producir. Ambas deciden la cantidad a producir sin saber (o considerar) la decisión de producción de la otra firma. No obstante, las empresas consideran que su competidor actúa de forma racional.

⁴⁵. No es materia de discusión en este documento analizar los mecanismos de formación de precios en la industria de refinación en el Perú. Sin embargo, este tema será tratado en detalle en un documento posterior.

⁴⁶. El margen de refinación se expresa como la diferencia entre el valor de los productos refinados y el valor del petróleo crudo utilizado como materia prima. Este margen permite a las refinación vender su producto al precio de paridad de importación.

⁴⁷. El índice de Lerner permite medir el poder de mercado de una empresa a través del cálculo de la inversa de la elasticidad-precio de su demanda en el punto en el cual la empresa maximiza sus

que enfrentan demandas más elásticas no encuentran rentable cobrar precios que excedan significativamente sus costos marginales, y tienden por ello a comportarse de manera similar a las empresas tomadoras de precios en una situación de competencia. Aquellas que enfrentan demandas más inelásticas encuentran que para maximizar beneficios precisan incrementar sus precios bastante por encima de sus costos marginales, aprovechando de este modo el hecho que la cantidad demandada de su producto se reduce relativamente poco ante incrementos en sus precios.

Cabe mencionar que en el caso del mercado peruano de combustibles, los beneficios que logra obtener el duopolio dependen básicamente del precio internacional del petróleo y del margen de ganancia que ha logrado establecer. El precio que finalmente enfrenta el consumidor viene representado por la siguiente fórmula:

$$\text{Precio final al consumidor} = \{ [[PN(1+t_R) + ISC] (1+t_{IGV})] + F \} (1+Z_C) \quad (4.2)$$

(Caso de las gasolinas)

$$\text{Precio final al consumidor} = \{ [(PN + ISC) (1+t_{IGV})] + F \} (1+Z_C) \quad (4.3)$$

(Caso del diesel 2, kerosene y GLP)

Donde:

PN = Precio Neto de Refinación

t_R = Impuesto al Rodaje

ISC = Impuesto Selectivo al Consumo

t_{IGV} = Impuesto General a las Ventas

beneficios. Este índice proviene de resolver la condición de primer orden para la maximización de los beneficios ($Img = Cmg$). Si dicha condición se cumple, entonces se cumple también que $(P-Cmg)/P = 1/ep$.

F = Flete y demás costos de transporte

Z_C = Margen de Comercialización

Por lo tanto, dado que el costo marginal, el esquema tributario aplicado a los derivados del petróleo, los costos de transporte y el margen bruto de comercialización son factores conocidos para la empresa; lo que se requiere conocer para determinar los precios de equilibrio, son la elasticidad precio de la demanda local de combustibles y la participación de mercado de las empresas refineras.

Por las razones postuladas anteriormente, la identificación del mercado nacional de combustibles líquidos dependerá sólo de la identificación de la demanda, por lo cual será suficiente estimar solamente las ecuaciones de demanda y no emplear un modelo de ecuaciones simultáneas para dar cuenta de las relaciones de oferta y demanda que determinan los precios y las cantidades. Por este motivo es posible estimar la demanda de combustibles utilizando la metodología uniecuacional propuesta por Pesaran et al. (2001).

5. Descripción de la base de datos⁴⁸

Con el objetivo de contar con una base de datos adecuada para la estimación de la demanda de combustibles, se obtuvieron las series de las distintas variables necesarias (precios y ventas de combustibles, ingreso per cápita, etc.). Éstas fueron obtenidas de diversas fuentes, como las proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el Ministerio de Energía y Minas (MEM), PETROPERU y el Banco Central de Reserva (BCRP). La base de datos cubre el período desde marzo de 1994 hasta febrero de 2003. Cabe

⁴⁸. En el Anexo N° 1 se presenta un resumen con los estadísticos descriptivos de la base de datos en la Tabla N° A1.1.

resaltar que sólo se pudo obtener información parcial de la estadística de precios al consumidor para los años anteriores a 1995.

Los datos utilizados pasaron por un proceso de control de calidad y se realizó una evaluación de la consistencia entre las fuentes estadísticas disponibles, no encontrándose mayores problemas. Sin embargo, en algunos casos fue necesario reconstruir la serie de precios al consumidor, extrapolar los márgenes comerciales del año 1995 al año 1994 (año inicial del estudio).

Para ello se tomó en cuenta los precios netos en refinería disponibles de PETROPERU, los cambios en las tasas impositivas aplicadas a los combustibles establecidos por el Ministerio de Economía y Finanzas, y los márgenes comerciales existentes en el año 1995. Las variables relevantes utilizadas en la estimación de la demanda agregada de combustibles líquidos son:

- Volúmenes de ventas mensuales de gasolinas 84, 90, 97, diesel 2, kerosene y GLP: Los datos se presentan en galones vendidos por mes calendario, desde marzo del año 1994 hasta febrero del año 2003. Dichos datos fueron extraídos de la Revista Mensual de Estadística *En Cifras* del Ministerio de Energía y Minas (MEM) para los años 1995, 1996, 1997, 1998, así como del *Informe Mensual de Hidrocarburos* del MEM para los años 1999, 2000, 2001, 2002 y 2003. Dado que en la revista *En Cifras* de los años 1995 y 1996 se presenta la información correspondiente a los años 1994, 1995 y 1996 de manera agregada a nivel de gasolinas, se procedió a usar ponderadores, los cuales se obtuvieron a partir de la distribución anual de la venta de derivados en el mercado interno (gasolinas y petróleos industriales) registradas en el *Anuario Estadístico de Hidrocarburos* (las versiones de los años 1996

y 1997 muestran información para el año 1994, mientras que la versión del año 2001 muestra información para los años 1995 y 1996).

- Precios mensuales al consumidor de gasolinas 84, 90, 97, Diesel 2, kerosene y GLP: los datos utilizados son precios mensuales al consumidor en soles por galón, los cuales fueron convertidos para llegar a la homogeneidad y concordancia con el volumen que está expresado en cantidad de galones vendidos mensualmente. La fuente utilizada para la obtención de la serie de precios es la Dirección Ejecutiva de Índices-Precios Promedio al Consumidor de Lima Metropolitana del Instituto Nacional de Estadística (INEI), 1995-2002. La estructura de precios ha sido obtenida del *Informe Mensual de Hidrocarburos* del MEM para enero y febrero de 2003. Como ya ha sido mencionado, en el caso de los precios de 1994, se necesitó hacer una extrapolación a partir de los precios ex-planta. Para ello se utilizaron los datos provenientes de PETROPERU, a los cuales se les agregó el margen comercial de 1995. En las estimaciones se utilizarán precios reales, los cuales se hallan deflactando los precios nominales entre el índice de precios al consumidor que publica el INEI.
- PBI per cápita mensual en soles constantes de 1994: esta variable permite estimar la capacidad adquisitiva de la población como señal de una mejora o caída en el nivel de vida. La serie del PBI mensual se calcula a partir del índice del PBI en base 1994 publicado por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). Fue preciso transformar el índice a valores constantes en moneda nacional. Utilizando la información del PBI anual en millones de soles de 1994 y las variaciones porcentuales a 12 meses del índice mensual referido fue posible aproximar el PBI mensual en base 1994.

- **Población:** el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) publica anualmente una serie de población que se construye a partir de las tasas de crecimiento inter-censal. Esta tasa es de 1.8% entre 1993 y el 2002. Con este dato, se procedió a estimar una serie de población mensual, calculando la tasa de crecimiento mensualizada.

Evolución de los precios: evidencia de exogeneidad

Al realizar un análisis de los precios nominales de los diferentes derivados de combustibles se halla una relación muy fuerte entre ellos. En primer lugar, existe una fuerte relación entre los precios de los derivados de combustibles nacionales y los precios internacionales del petróleo, lo cual se observa en la matriz de correlación presentada en el Cuadro N° 5.1.

Esta situación explicaría la influencia que las fluctuaciones del precio internacional del petróleo (indicador aproximado mediante el marcador WTI) tiene sobre la variación de los precios internos, hecho que determina la fuerte dependencia de los precios domésticos a las variaciones del precio del petróleo en el mercado internacional (véase los gráficos N° 5.1, 5.2 y 5.3 para el caso de la gasolina de 90, diesel 2 y kerosene). Dado el pequeño tamaño de la economía peruana respecto a los países desarrollados, el Perú sería un país tomador neto de precios en el mercado internacional de combustibles.

Cuadro N° 5.1
Matriz de Correlaciones entre el precio internacional del petróleo (WTI)
y el precio de paridad de los principales combustibles

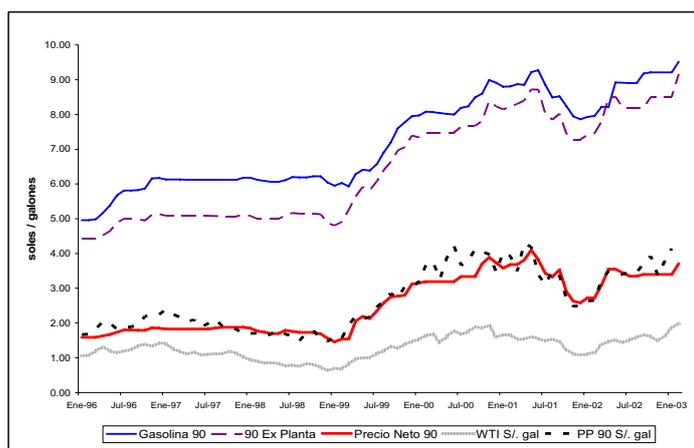
	WTI	PP90	PPD2	PPKEROSENE
WTI	1.00	0.91	0.90	0.89
PP90	0.91	1.00	0.97	0.97
PPD2	0.90	0.97	1.00	0.99
PPKEROSENE	0.89	0.97	0.99	1.00

WTI: West Texas Index; PP90: precio de paridad importación de la gasolina de 90; PPD2: precio de paridad de importación del Diesel 2; PPKEROSENE: precio de paridad de importación del Kerosene.

Fuente: GART – OSINERG.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Gráfico N° 5.1
Evolución del Precio Nominal de la Gasolina de 90 octanos

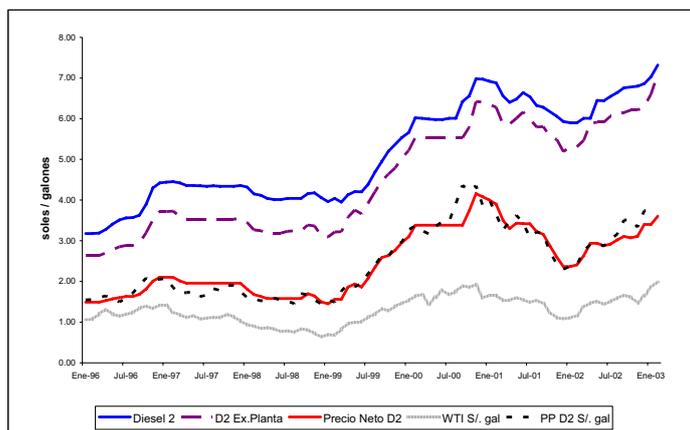


Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Energía y Minas.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.



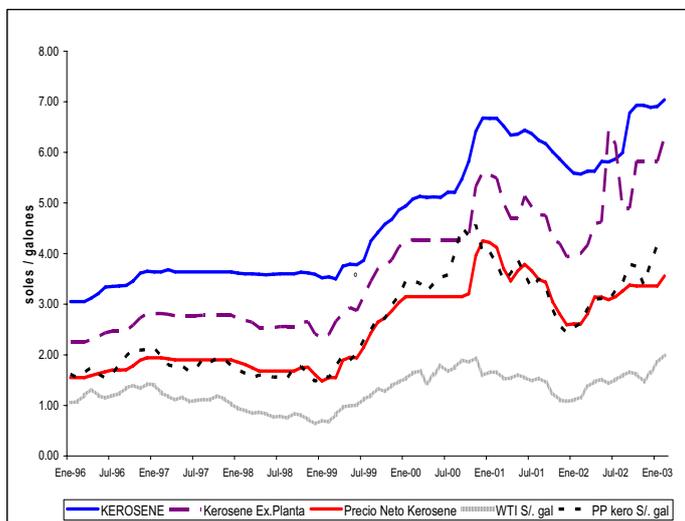
Gráfico N° 5.2
Evolución del Precio Nominal del Diesel 2



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Energía y Minas.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.



Gráfico N° 5.3
Evolución del Precio Nominal del Kerosene

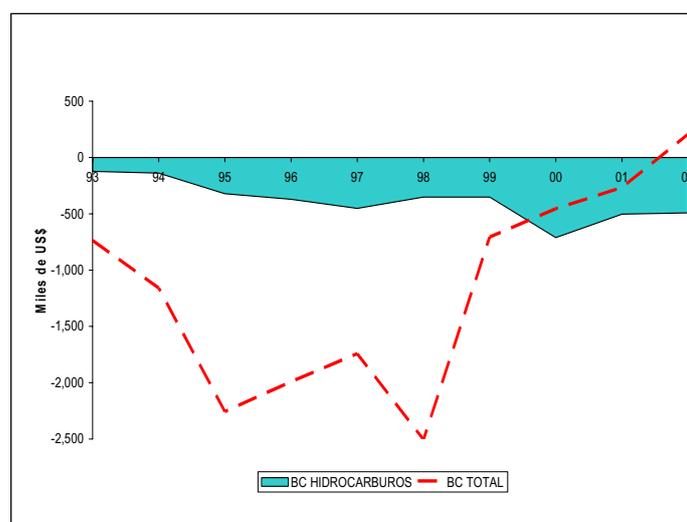


Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Energía y Minas.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.



De otro lado, puesto que la producción nacional de petróleo se caracteriza por encontrarse indexada al precio internacional del petróleo y que en el Perú existe un déficit en la balanza comercial de hidrocarburos (véase el Gráfico N° 5.4), la dependencia internacional del país a las variaciones del mercado mundial del petróleo es marcada, lo cual sugiere también la idea que los precios de los combustibles en el mercado doméstico poseen un componente exógeno importante. En ese sentido, la determinación de los precios al consumidor en el país se encuentra influida en mayor parte por las fluctuaciones y *shocks* en el mercado internacional del petróleo.

Gráfico N° 5.4
Evolución de la Balanza Comercial de Hidrocarburos respecto de la Total



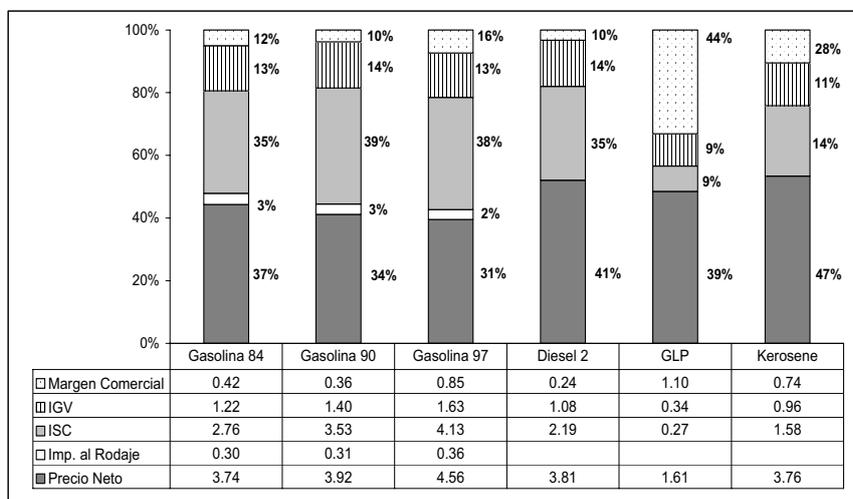
Fuente: Ministerio de Energía y Minas.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

En segundo lugar, la evolución de las series de precios netos y precios ex-planta sugiere que las diferencias en los niveles de precios son explicadas principalmente por la carga tributaria impuesta por el Estado (por concepto de

Impuesto Selectivo al Consumo ISC, Impuesto General a la Ventas IGV e impuesto al rodaje aplicado en el caso de las gasolinas) y los márgenes comerciales (mayorista y minorista).

Aunque el comportamiento de los precios está condicionado a la evolución del mercado internacional del crudo, también se ve influenciado por elementos distorsionadores del sistema de precios, como son los impuestos (véase el Gráfico N° 5.5). En el caso de la gasolina de 90 octanos, dichos impuestos representan aproximadamente el 50% del precio al consumidor. El tratamiento tributario en el caso del kerosene fomenta un subsidio cruzado hacia el diesel 2 (existen casos en que el precio neto del primero es mayor al precio del diesel, y gracias a la carga tributaria se llega a un escenario contrario en los precios ex-planta).

Gráfico N° 5.5
Estructura Impositiva sobre los principales combustibles



El precio del gas licuado de petróleo está expresado en kilos. Estructura a febrero de 2003. Sólo las gasolinas están sujetas al impuesto al rodaje.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.



La estructura tributaria vigente en el año 2003 sugiere que otros componentes exógenos al sistema de determinación de los precios de los combustibles lo constituyen los distintos tipos de impuestos que los gravan. La evidencia mostrada en esta sección da sustento a la hipótesis que los precios de los combustibles, en mayor medida, son exógenos en el mercado local de combustibles, por lo cual sería posible utilizar la metodología econométrica presentada en la Sección 4 de este documento para estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de combustibles. A continuación se presentan los resultados de este ejercicio.

6. Metodología

A partir del modelo ARDL presentado en la Sección 3 es posible derivar un modelo econométrico que permite estimar la demanda de combustibles, calcular las elasticidades precio e ingreso y llevar a cabo las pruebas estadísticas de las hipótesis planteadas al inicio de este documento. En primer término, se realizarán pruebas de raíz unitaria para las series de precios, volúmenes de venta y PBI per cápita expresadas en logaritmos, empleando la prueba de Elliot, Rothenberg y Stock (1996), con el propósito de verificar si es que tales series presentan un comportamiento no estacionario. Luego, siguiendo lo sugerido por Dahl (1982), se llevarán a cabo pruebas estadísticas de tipo Box–Cox⁴⁹ para evaluar si la especificación de la ecuación de demanda se ajusta a una de tipo log–lineal. Una vez evaluado el orden de integración de las series, se procederá a llevar a cabo la prueba propuesta por Pesaran et al. (2001) para evaluar si existen relaciones de largo plazo entre las ventas, los precios y

⁴⁹. La prueba de Box–Cox se basa en un contraste de razón de verosimilitud el cual evalúa si un conjunto de determinadas variables se ajusta a alguno de los siguientes tres tipos de especificación funcional: lineal ($Y = a_0 + a_1X$), logaritmo–lineal ($\text{Log}(Y) = b_0 + b_1 \text{Log}(X)$) y recíproca ($Y = c_0 + c_1/X$). En este documento se llevarán a cabo pruebas de este tipo para evaluar si es que las variables para estimar la demanda de combustibles se ajustan a una especificación log–lineal. El artículo que discutió esta prueba fue Box, G. y D. Cox (1964). “An Analysis of transformations with discussion”. *Journal of the Royal Statistical Society*. 26: 211-252.





el ingreso per cápita para el caso de las gasolinas de 84, 90 y 97 octanos, el diesel 2, el GLP y el kerosene. El modelo a estimar es el siguiente⁵⁰:

$$\Delta v_t = c_0 + c_1 t + \gamma_1 v_{t-1} + \gamma_2 x_{t-1} + c_3 d + \omega \Delta x_t + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i' \Delta z_{t-i} + \zeta_t \quad (6.1)$$

donde $z = (v_t, x_t)$

donde v_t son las ventas de combustible en logaritmos, x_t es el conjunto de regresores exógenos en el modelo (los precios en términos reales, deflactados por el índice de precios al consumidor, y el ingreso per cápita), d es una variable ficticia para controlar por quiebres en las series y ζ_t es el término de error del modelo. La ecuación (6.1) es de carácter irrestricto dado que admite la presencia de una constante y una tendencia lineal en la relación. Esta última variable permite controlar por el efecto de las innovaciones tecnológicas (por ejemplo en la mejora de la eficiencia de los motores) que pueden haberse sucedido durante el período de análisis. Como ya se ha mencionado, la prueba consiste en estimar el modelo mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios y evaluar la significancia de los parámetros γ_1 y γ_2 mediante el uso del estadístico F-Fischer utilizando las bandas de valores críticos propuestos por Pesaran et al. (2002: T.5).

Una vez validada la hipótesis de la existencia de relaciones de largo plazo entre las variables, es posible estimar las ecuaciones de largo plazo para cada tipo de combustible. Pero debido a la fuerte volatilidad de las series, es necesario evaluar si es que el término de error de las regresiones presenta un comportamiento no estacionario en la varianza de la serie dado que si no se controla por este efecto, los parámetros del modelo pueden ser mal estimados. Por ello, se llevará a cabo la prueba LM sugerida por Engle (1982) para evaluar

⁵⁰. Cfr. Pesaran et al. (2001) p.8.



la presencia de errores ARCH en las ecuaciones. La ecuación de largo plazo a estimar para cada tipo de combustible es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Media} \quad v_t &= \beta_0 + \beta_1 p_t + \beta_2 pbip_t + \beta_3 t + \varepsilon_t \\ \text{Varianza} \quad h_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \psi_j h_{t-j} \end{aligned} \quad (6.2)$$

donde v_t , p_t , $pbip_t$ y t son las ventas del combustible analizado, el precio del combustible, el ingreso per cápita y la tendencia lineal (expresados en logaritmos), y ε_t es el término de error aleatorio. En (6.2), la ecuación de la media da cuenta de la relación de largo plazo entre las ventas, el precio y el ingreso per cápita, siendo β_1 y β_2 las elasticidades precio e ingreso de la demanda del combustible analizado respectivamente⁵¹.

De otro lado, la ecuación de la varianza del término de error ε_t permite controlar la volatilidad que puede existir en el modelo bajo una estructura de tipo GARCH (p,q)⁵² propuesta por Bollerslev (1986) donde “p” es el número de rezagos de los errores al cuadrado del modelo y “q” es el número de rezagos de la varianza condicional “h” de los errores del modelo. La significancia de los parámetros α y ψ señalará que la volatilidad condicional autorregresiva es un factor relevante en las series, el cual debe ser controlado para evitar ineficiencias y sesgos en las estimaciones de las elasticidades de largo plazo de la demanda. El método de estimación del modelo es el de Máxima Verosimilitud, de acuerdo a la siguiente fórmula:

⁵¹. El propósito del trabajo es determinar el comportamiento de la demanda de combustibles, así como la importancia relativa de las variables que influyen en ésta. Por lo anterior, no se profundizará ni se discutirá la teoría del consumidor que establece las principales propiedades económicas que debe respetar la demanda óptima de los consumidores. Se remite al lector revisar la literatura sobre la teoría del consumidor para mayores detalles. Sobre el particular puede consultarse Varian (1996) y Mas-Colell, Whinston y Green (1995).

⁵². Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (Heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizada).

$$Max_{\beta, \alpha} -\frac{T}{2} \left[\ln(h_t) + \sum_{t=1}^T \left(\frac{v_t - x_t \beta}{h_t} \right) \right] \quad (6.3)$$

donde x_t contiene a las variables de precio, ingreso per cápita y tendencia, T es el número de observaciones totales en la base de datos y h_t es la varianza condicional del modelo. Una vez estimadas las relaciones de largo plazo, es posible plantear un modelo de corrección de errores a partir de la ecuación (6.1) para analizar la dinámica de corto plazo de la demanda de combustibles a través de un análisis de impulso-respuesta que permite evaluar cómo responde la demanda ante cambios en los precios e ingresos. El modelo de corrección de errores a estimar es el siguiente:

$$\begin{aligned} \Delta p_t &= c_{10} + \pi_1 \hat{\varepsilon}_{t-1} + c_{11}t + \sum_{i=0}^n \phi_{11i} \Delta pbip_{t-i} + \sum_{j=1}^q \phi_{12j} \Delta p_{t-j} + \sum_{k=0}^p \phi_{13k} \Delta v_{t-k} + \eta_{p_t} \\ \Delta pbip_t &= c_{20} + \pi_2 \hat{\varepsilon}_{t-1} + c_{22}t + \sum_{i=1}^n \phi_{21i} \Delta pbip_{t-i} + \sum_{j=0}^q \phi_{22j} \Delta p_{t-j} + \sum_{k=0}^p \phi_{23k} \Delta v_{t-k} + \eta_{pbip_t} \\ \Delta v_t &= c_{30} + \pi_3 \hat{\varepsilon}_{t-1} + c_{33}t + \sum_{i=0}^n \phi_{31i} \Delta pbip_{t-i} + \sum_{j=0}^q \phi_{32j} \Delta p_{t-j} + \sum_{k=1}^p \phi_{33k} \Delta v_{t-k} + \eta_{v_t} \end{aligned} \quad (6.4)$$

El modelo (6.4) está constituido por un sistema de 3 ecuaciones de tipo autorregresivo donde $\hat{\varepsilon}_{t-1}$ es el término de corrección de errores que se calcula a partir de las estimaciones de los errores de la ecuación (6.2) y π_i es el parámetro que mide la velocidad de ajuste al equilibrio de largo plazo del sistema. Este parámetro debe ser negativo y estadísticamente significativo para garantizar que el sistema volverá al equilibrio si se produce alguna perturbación exógena, tanto en los precios como en el ingreso. Estas perturbaciones en el modelo son provocadas por los términos de error η_{p_t} y η_{pbip_t} de la ecuación que modela la variación en los precios (Δp_t) e ingreso per cápita ($\Delta pbip_t$)

respectivamente⁵³. Si el sistema (6.4) es expresado en su representación VMA, es posible calcular las funciones de impulso-respuesta de la demanda (representada por las ventas de combustibles) ante perturbaciones exógenas en los precios e ingresos. De esta manera, es posible medir el grado de respuesta de la demanda ante shocks que alteren los precios o afecten el ingreso de los consumidores⁵⁴.

7. Resultados

Una vez presentada la metodología para estimar la demanda de combustibles, en esta sección se presentan los resultados de su aplicación para el caso de los siguientes combustibles: gasolina de 84, 90 y 97 octanos, diesel 2, kerosene y GLP. En primer término, se realizaron pruebas de raíz unitaria DF-GLS sugerida por Elliot, Rothenberg y Stock (1996) a todas las variables de la base de datos. Los resultados de la pruebas señalan que todas las variables en niveles expresadas en términos per cápita y transformadas en logaritmos tienen un comportamiento no estacionario, es decir, presentan raíces unitarias (véase el Cuadro N° A1.2 del Anexo N° 1). No obstante, es posible realizar la estimación de la demanda de los combustibles señalados utilizando la metodología propuesta en este documento.

Siguiendo lo establecido por Dahl (1982), es posible realizar una prueba para evaluar la forma de la especificación de la ecuación de la demanda a partir de

⁵³. El modelo (6.4) en realidad es una forma reducida de un modelo estructural de ecuaciones, el cual requiere para su identificación la imposición de restricciones en sus parámetros. Sims (1980) propuso, para resolver este inconveniente, una estrategia de identificación basada en una representación recursiva del VAR conocida como descomposición triangular (también llamada de Cholesky) bajo la cual se impone la restricción que la primera ecuación en el sistema explica la evolución de la variable más "exógena" y la última ecuación explica el comportamiento de la variable más endógena. Bajo este contexto, en este documento se utiliza esta forma de identificación considerando a los precios de los combustibles como la variable más exógena en el sistema, en base a lo discutido en la Sección 4.

⁵⁴. Véase Greene (2003) para mayores detalles sobre la representación VMA.

las pruebas de Box–Cox. Esta prueba permite realizar un contraste de ajuste de las variables (ventas, ingreso per cápita y precios) a una especificación log–lineal. En el Cuadro N° 7.1 se presentan los resultados de estas pruebas para el caso de los combustibles analizados. Como puede observarse, las pruebas de Box–Cox dan soporte, en todos los casos, para el uso de la especificación log–lineal, por lo cual es posible utilizar este tipo de ecuación de demanda para dar cuenta de las relaciones de largo plazo entre las variables de interés.

Cuadro N° 7.1
Pruebas de Box-Cox para evaluar la especificación de las Ecuaciones de Demanda

Ecuación para:	Función de Verosimilitud	Ratio de Verosimilitud χ^2	Probabilidad Prob > χ^2
Gasolina 84	65.703	1.680	0.196
Gasolina 90	350.564	0.010	0.929
Gasolina 97	271.336	1.540	0.214
Diesel 2	-21.374	0.420	0.519
Kerosene	131.616	0.330	0.564
GLP	111.368	0.010	0.965

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Una vez evaluada la especificación de la ecuación de demanda, se realizó la prueba F propuesta por Pesaran, Shin y Smith (2001) a partir de la estimación de la ecuación ARDL (6.1), con el objeto evaluar la existencia de relaciones de largo plazo entre las ventas de combustibles, los precios y el ingreso per cápita. Los resultados de estas pruebas son presentados en el Cuadro N° 7.2. La evidencia señala que para el caso de todos los combustibles analizados, existen relaciones de largo plazo entre las variables que determinan la demanda⁵⁵. Este

⁵⁵. Las variables ficticias para controlar por el quiebre en las ventas de combustibles de fines de 1996 resultó significativo para los siguientes combustibles: gasolina de 84 y 90 octanos, Diesel 2, Kerosene y GLP. En el caso de la gasolina de 97 octanos esta variable no resultó significativa.

hallazgo señala que es posible analizar el comportamiento de las series y estimar la demanda de combustibles, a pesar que las series muestren un comportamiento no estacionario.

Cuadro N° 7.2
Prueba F para evaluar la existencia de relaciones de largo plazo

Tipo de combustible	Mínimo SBC	Rezago Óptimo	F - est.	Intervalo de valores críticos	LM	Q(10)
Gasolina 84	-4.752	2	12.018 ***	[6.34 7.52]	5.170	8.497
Gasolina 90	-3.947	6	17.713 ***	[3.60 4.90]	6.893	5.345
Gasolina 97	-3.247	1	9.713 ***	[8.74 9.63]	3.631	3.110
Diesel 2	-3.979	5	30.965 ***	[3.93 5.23]	7.109	8.814
Kerosene	-4.478	2	25.373 ***	[6.34 7.52]	1.664	3.562
GLP	-3.470	7	10.599 ***	[3.34 4.63]	15.214	11.920

Los valores críticos umbrales al 1% de significancia han sido tomados de Pesaran, Shin y Smith (2001), Tabla C1.v [T.3]. SBC: Criterio de selección de Schwartz. F-est: estadístico sugerido por Pesaran et al. (2001). LM: prueba de autocorrelación serial de Breusch-Godfrey. Q(10): estadístico de Ljung-Box para diez rezagos. ** significativa al 5%, *** significativa al 1%
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

7.1. Estimación de las ecuaciones de demanda de combustibles

Evaluada la existencia de relaciones de largo plazo entre los determinantes de la demanda de combustibles, es factible estimar las ecuaciones de demanda de largo plazo siguiendo el esquema GARCH propuesto en la ecuación (6.2). La incorporación de la estructura GARCH para modelar la varianza del modelo permitirá controlar la alta volatilidad de las series, la cual puede provocar que las estimaciones de las elasticidades precio e ingreso sean ineficientes (con alta desviación estándar) o sesgadas si es que ella no es controlada.

En el Cuadro N° 7.3 se presentan las estimaciones de las ecuaciones de demanda para los seis combustibles analizados. El coeficiente R^2 ajustado de cada ecuación señala que el ajuste es bueno (en promedio, 50% de ajuste a los

datos). Las pruebas de Jarque–Bera de normalidad de los residuos señalan que en todos los modelos éstos se distribuyen siguiendo una distribución normal estándar, condición que se debe cumplir en modelos de tipo GARCH. Por otro lado, la ausencia de errores ARCH es aceptada en todos los casos de acuerdo a la prueba LM sugerida por Engle (1982). Este resultado, sumado al hecho que en todos los modelos la estructura GARCH planteada resulta significativa (es decir, los coeficientes en las ecuaciones de la varianza son significativos) sugiere que el modelo utilizado para controlar la volatilidad de las ventas de combustibles es adecuado.

En las estimaciones preliminares, se modeló la demanda de cada combustible en función de su propio precio, los precios de los sustitutos cercanos, el ingreso per cápita y la tendencia lineal. Salvo en el caso del kerosene y el GLP, los precios de los sustitutos cercanos de los demás combustibles resultaron estadísticamente no significativos, por lo cual dichos precios se excluyeron de las ecuaciones preliminares⁵⁶. Las estimaciones de las elasticidades de largo plazo resultaron estadísticamente significativas en todos los casos. Los combustibles que presentan menor elasticidad precio son el kerosene y el GLP (-0.274 y -0.247), lo cual se explicaría por el hecho que no tienen sustitutos cercanos como fuentes de energía a nivel residencial (para propósitos de cocina, alumbrado y generación de calor en termas o en aparatos de calefacción) y comercial. La demanda de estos combustibles, según los resultados, sería muy inelástica, es decir, ante cambios porcentuales en los precios la demanda de estos combustibles se reduciría menos que proporcionalmente.

⁵⁶. Las estimaciones de las elasticidades cruzadas se presentan en el Anexo N° 3. Es probable que el carácter agregado de los datos imposibilite identificar los efectos de sustitución entre los combustibles a lo largo del tiempo. Sería necesario contar con datos de panel para una muestra de hogares y empresas para poder evaluar estos efectos.

Cuadro N° 7.3
Estimaciones de las ecuaciones de demanda de combustibles

Variable Dependiente: LV84			Variable Dependiente: LV90		
Variables	Parámetros	z - est	Variables	Parámetros	z - est
Constante	-3.414	(2.660) ***	Constante	-9.407	(5.895) ***
LP84	-0.648	(16.429) ***	LP90	-0.849	(10.668) ***
LPBIP	0.251	(1.570)	LPBIP	0.440	(2.297) **
Tendencia	-0.272	(36.485) ***	Tendencia	0.502	(37.238) ***
Dummy 84	-0.152	(-1.716) *	Dummy 90	-0.591	(16.233) ***
Ecuaciones de la Varianza					
Constante	0.002	(1701.002) ***	Constante	0.007	(4.729) ***
ARCH(1)	0.460	(3.318) ***	ARCH (1)	0.361	(1.973) **
ARCH(2)	-0.392	(3.819) ***			
GARCH(1)	0.731	(12.412) ***			
R ² ajustado	0.819		R ² ajustado	0.889	
SEC	1.188		SEC	1.908	
SIC	-1.772		SIC	-1.400	
χ ² _{(3) ARCH}	1.005		χ ² _{(3) ARCH}	2.253	
F-est	61.017	***	F-est	142.807	***
J-B	2.645		J-B	1.491	
Variable Dependiente: LV97			Variable Dependiente: LDIESEL2		
Variables	Parámetros	z - est	Variables	Parámetros	z - est
Constante	-12.856	(40.383) ***	Constante	-6.387	(3.978) ***
LP97	-1.693	(15.190) ***	LPDIESEL2	-0.430	(5.223) ***
LPBIP	0.636	(8.411) ***	LPBIP	0.696	(3.577) ***
Tendencia	0.094	(5.160) ***	Tendencia	0.032	(2.204) **
			Dummy Diesel	-0.242	(4.387) ***
Ecuaciones de la Varianza					
Constante	0.004	(1.467) *	Constante	0.001	(0.001) ***
ARCH (1)	0.402	(2.235) ***	ARCH(1)	0.377	(0.377) ***
GARCH (1)	0.485	(2.711) ***	ARCH(2)	-0.265	(0.265) ***
			GARCH(1)	0.810	(0.810) ***
R ² ajustado	0.511		R ² ajustado	0.272	
SEC	2.999		SEC	1.194	
SIC	-0.791		SIC	-1.423	
χ ² _{(3) ARCH}	0.271		χ ² _{(3) ARCH}	0.961	
F-est	19.426	***	F-est	5.951	**
J-B	2.099		J-B	1.216	

continúa ...

Cuadro N° 7.3⁵⁷
Estimaciones de las ecuaciones de demanda de combustibles

Variable Dependiente: LKEROSENE			Variable Dependiente: LGLP		
VARIABLES	Parámetros	z - est	VARIABLES	Parámetros	z - est
Constante	-2.956	(2.493) **	Constante	-3.588	(2.944) ***
LPKERO	-0.274	(2.128) **	LPGLP	-0.247	(1.796) *
LPGLP	0.519	(2.843) ***	LPKERO	0.653	(7.658) ***
LPBIP	0.412	(2.874) ***	LPBIP	0.498	(3.182) ***
Tendencia	-0.002	(0.072)	Tendencia	0.106	(6.572) ***
Dummy Kerosene	0.325	(8.473) ***	Dummy GLP	-0.912	(16.672) ***
Ecuaciones de la Varianza					
Constante	0.002	(3.746) ***	Constante	0.000	(171.121) ***
ARCH(1)	-0.053	(2.678) ***	ARCH (1)	0.575	(4.083) ***
ARCH(2)	0.337	(2.304) **	ARCH (2)	-0.608	(3.794) ***
ARCH(3)	0.652	(2.916) ***	GARCH (1)	1.392	(10.983) ***
			GARCH (2)	-0.372	(2.754) ***
R ² ajustado	0.336		R ² ajustado	0.811	
SEC	0.777		SEC	1.439	
SIC	-1.913		SIC	-1.247	
$\chi^2_{(3)}$ ARCH	9.875 *		$\chi^2_{(3)}$ ARCH	2.419	
F-est	6.964 ***		F-est	46.525 ***	
J-B	1.428		J-B	0.616	

Método de Estimación: Máxima Verosimilitud. LP84, LP90, LP97, LPGLP, LPKERO, LPDIESEL son los precios reales expresados en logaritmos de las gasolinas de 84, 90 y 97; gas licuado de petróleo, kerosene y diesel 2, respectivamente. LPBIP es el PBI per cápita expresado en logaritmos. LV84, LV90, LV97, LDIESEL2 LKEROSENE Y LGLP son las ventas de las gasolinas de 84, 90 y 97; gas licuado de petróleo; kerosene y diesel 2 respectivamente expresadas en término per cápita y en logaritmos. "Tendencia" es una variable que representa la tendencia lineal del modelo. "Dummy" es una variable ficticia para controlar el quiebre en las series producido en 1996.

SEC: Suma de Errores al Cuadrado; SIC: Criterio de Información de Schwartz; $\chi^2_{(3)}$ (ARCH): Prueba LM para evaluar la presencia de errores ARCH sugerida por Engle (1982); J-B: Estadístico Jarque-Bera para evaluar la normalidad de los residuos; F-est: Prueba de significancia conjunta de los parámetros del modelo. "z-est" es el estadístico para evaluar la significancia individual de los parámetros. * significativa al 10%, ** significativa al 5%, *** significativa al 1%.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Con relación a la elasticidad ingreso, las estimaciones de estos parámetros para el caso de la demanda de kerosene y GLP resultan menores que uno (0.412 y 0.498 respectivamente) lo que señala que el consumo de estos combustibles aumenta a medida que el ingreso per cápita se incrementa. Sin embargo, el kerosene sería un combustible inferior respecto del GLP debido a que la

⁵⁷. Se evaluó la especificación de las regresiones mediante la prueba de Ramsey - Reset hallándose que en la mayoría de los casos los estadísticos χ^2 no son significativos estadísticamente. No obstante, en el caso de la gasolina de 84 octanos el estadístico fue significativo al 10%.



elasticidad ingreso en la ecuación de la demanda de kerosene es menor a la elasticidad ingreso en la ecuación de la demanda de GLP. La elasticidades precio cruzadas para estos combustibles señalan que existen relaciones de sustitución entre estos combustibles (0.519 y 0.653 para el caso del kerosene y el GLP respectivamente) dado que un incremento en el precio del combustible sustituto produce un incremento de la demanda del combustible analizado.

En el caso del diesel 2, la elasticidad precio ha sido estimada en -0.43, lo que señala que la demanda de diesel 2 es poco sensible a variaciones en el precio, aunque la respuesta de la demanda es mayor respecto al caso del kerosene y el GLP. La elasticidad ingreso ha sido calculada en 0.7, hecho que indica que los incrementos en el ingreso per cápita provocan aumentos en la demanda en mayor proporción que en el caso de GLP y kerosene manteniendo todas las demás variables constantes (*ceteris paribus*).



Como se mencionó anteriormente, se intentó estimar las elasticidades precio cruzada para este combustible introduciendo los precios de otros combustibles, pero las estimaciones arrojaron que los parámetros de estas variables eran estadísticamente no significativos⁵⁸. La sustitución del diesel 2 en el sector transporte y en el segmento residencial e industrial por otro tipo de combustibles (como el GLP o la gasolina) demanda importantes inversiones para la adaptación de la maquinaria y los motores en el uso de combustibles alternativos, por lo cual es esperable que la sustitución sea poco factible en el corto plazo.



Respecto al caso de las gasolinas, se puede apreciar que la elasticidad precio de la demanda de gasolina de 84 octanos ha sido estimada en -0.648, lo que indica

⁵⁸. Estos resultados indican que el tamaño de la muestra (1994-2003) no permite capturar los efectos de sustitución entre los diferentes combustibles líquidos. Como señala la literatura, la sustitución sería observable en un período mayor a 10 años.



menor sensibilidad ante cambios en el precio respecto a los casos de las gasolinas de 90 y 97 octanos que presentan mayor elasticidad precio (-0.85 y -1.69 respectivamente). Dado que en el Perú la gasolina de 84 octanos es de consumo regular y masivo en el segmento automotriz debido a su bajo precio comparativo, se constituye insumo importante para el transporte vehicular, por lo cual la respuesta de la demanda de este combustible resulta menor ante variaciones en los precios.

Los resultados confirman la intuición que las gasolinas más caras comparativamente (como la gasolina de 90 y 97 octanos) tendrán una elasticidad precio mayor dado que el consumidor puede dejar de consumirlas y optar por otro tipo de gasolinas de menor octanaje y más baratas (como la gasolina de 84), aunque ello signifique el consumo de combustibles de menor calidad.

De otro lado, analizando la elasticidad ingreso se puede notar que la gasolina de 97 octanos resulta ser un bien superior comparativamente al caso de la gasolina de 90 y 84 octanos (0.636, 0.440, 0.251 para las gasolinas de 97, 90 y 84 octanos respectivamente). Este combustible, debido a su elevado octanaje y su nulo contenido de plomo, es utilizado por vehículos de altas prestaciones que cuentan generalmente con motores de inyección electrónica dado que su uso genera mayor potencia en HP y menos desgaste del motor.

Es razonable pensar que a medida que el ingreso aumenta, los consumidores incrementen en mayor medida su consumo de este combustible en desmedro de otros de menor octanaje y más contaminantes (como la gasolina de 84 octanos que contiene plomo). La sensibilidad de la demanda de gasolina de 84 octanos ante variaciones en el ingreso no es estadísticamente significativa, hecho que refuerza el argumento planteado anteriormente respecto a que los consumidores



prefieren el consumo de gasolinas de mayor octanaje y sin plomo, que gasolinas de menores prestaciones.

7.2. Estimaciones de los Modelos de Corrección de Errores

Estimadas las ecuaciones de demanda de largo plazo, se procedió a estimar el modelo de corrección de errores planteado en el sistema (6.4) para cada tipo de combustible, utilizando los residuos de cada ecuación de demanda estimada respectivamente. El número de rezagos óptimo en cada modelo ha sido seleccionado mediante el Criterio de Información de Schwartz. Los resultados son presentados en el Anexo N° 2.

En general, las regresiones presentan un buen ajuste (en promedio, 47%, de acuerdo al R^2 ajustado) y pasan la prueba de Ljung-Box que evalúa la no autocorrelación serial de los residuos de cada modelo. En general, las elasticidades precio e ingreso de corto plazo⁵⁹ resultan no significativas, lo cual pone en evidencia que la demanda de combustibles es poco sensible en el corto plazo ante variaciones de los precios y los ingresos⁶⁰. En el Cuadro N° 7.5 se presenta un resumen de las elasticidades precio e ingreso de corto y largo plazo que se han estimado en este documento.

La evidencia mostrada señala que la sensibilidad de la demanda de combustibles líquidos en el Perú se manifiesta en el largo plazo, por lo cual es esperable que ante un incremento en los precios o en el ingreso per cápita de los

⁵⁹. Las elasticidades de corto plazo pueden ser calculadas en base a la sumatoria de los coeficientes de los rezagos de las diferencias de los precios y el ingreso en cada modelo de corrección de errores que se presenta en el Anexo N° 2.

⁶⁰. Este resultado es consistente con los hallazgos de Espey (1998) y Kayser (2000) los cuales señalan que la demanda de gasolinas es insensible ante variaciones de corto plazo en los precios e ingresos. Sin embargo, a partir de la evidencia obtenida en las estimaciones podría esperarse alguna respuesta de la demanda ante variaciones de precios e ingreso en el corto plazo dado que algunos coeficientes en los modelos de corrección de errores son poco significativos (a un nivel de significancia de 10%). No obstante, en el agregado, la respuesta sería estadísticamente nula.



consumidores, el ajuste al equilibrio de la demanda no se dé instantáneamente, sino que presente determinado desfase.

Este hecho se pone de manifiesto si se observan los parámetros de ajuste en cada modelo de corrección de errores. La velocidad de ajuste promedio calculada (que mide la vida media del *shock* implícito) es de -0.38 lo que indica que ante shocks de precios o ingresos, la demanda no se ajusta totalmente y que el proceso por el cual esta variable retorna al equilibrio puede retardarse varios meses.

Cuadro N° 7.5
Resumen de las Elasticidades Estimadas

Elasticidades Precio			
Combustibles	Largo plazo		Corto Plazo
Gasolina 84	-0.648	(16.43) ***	0.33
Gasolina 90	-0.849	(10.67) ***	0.45
Gasolina 97	-1.693	(15.19) ***	-1.09
Diesel 2	-0.430	(5.22) ***	1.28
Kerosene	-0.274	(2.13) **	-1.77
GLP	-0.247	(1.80) *	2.31
Elasticidades Ingreso			
Combustibles	Largo plazo		Corto Plazo
Gasolina 84	0.251	(1.570)	0.06
Gasolina 90	0.440	(2.297) **	0.20
Gasolina 97	0.636	(8.411) ***	0.50
Diesel 2	0.696	(3.577) ***	0.24
Kerosene	0.412	(2.874) ***	1.20
GLP	0.498	(3.182) ***	4.37
Elasticidades Precio - Cruzadas			
Combustibles	Largo plazo		Corto Plazo
Kerosene (Precio GLP)	0.519	(2.843) ***	0.77
GLP (Precio Kerosene)	0.653	(7.658) ***	-1.97

*significativa al 10%, ** significativa al 5%, *** significativa al 1%
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.



7.3. Análisis Dinámico

Con el objeto de realizar simulaciones para evaluar la respuesta de la demanda de combustibles ante cambios en precios o ingresos, en esta sección se realiza un análisis de impulso-respuesta a partir del modelo de corrección de errores propuesto en la ecuación (6.4) y siguiendo los lineamientos planteados en la Sección (3.1). Debido a las limitaciones de espacio, sólo se presentará el análisis de los casos de la gasolina de 84 octanos, el diesel 2 y el kerosene⁶¹.

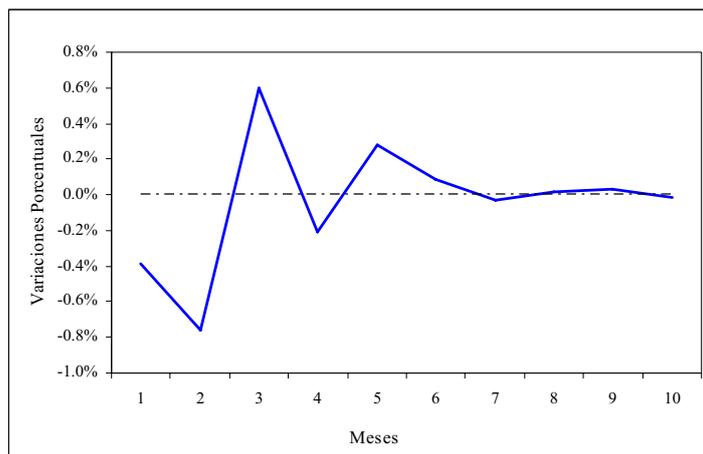
En los gráficos N° 7.1, 7.2 y 7.3, se presenta la variación de las ventas de gasolina de 84 octanos, diesel 2 y kerosene ante un incremento de 1% en los precios. El incremento en el precio induce una reducción de la demanda durante los primeros dos meses, luego de los cuales la demanda tiende a su nivel de equilibrio (hecho que es consistente con la teoría económica en el sentido que un incremento en el precio de un combustible debe reducir su demanda).

El tiempo de ajuste promedio para que las ventas de estos combustibles retornen al equilibrio ha sido estimado en 8, 10 y 3 meses respectivamente, lo cual indica que el efecto de la subida de los precios tiende a ser relativamente persistente. Así, se observa que la respuesta de la demanda se da a través de un mecanismo de ajuste lento que podría explicarse por la existencia de diversas rigideces en el sistema de precios (las tasas impositivas), imperfecciones de mercado (poder de mercado, asimetrías de información, etc.) o por el mantenimiento de inventarios almacenados que pueden suavizar la respuesta de la demanda ante cambios en los precios.

⁶¹. Los resultados para el resto de los combustibles se encuentran a disposición del lector previa solicitud al autor. No se considera el cálculo de los intervalos de confianza en las simulaciones puesto que el espíritu de ellas es explorar sobre los posibles efectos de *shocks* de ingresos y precios sobre la demanda y no evaluar el grado de incertidumbre respecto a los resultados.

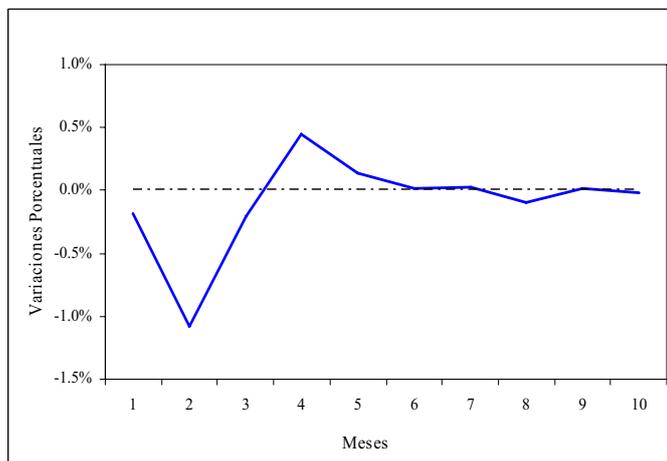


Gráfico N° 7.1
Variación de las ventas de gasolina de 84 octanos
ante un *shock* de 1% en el precio



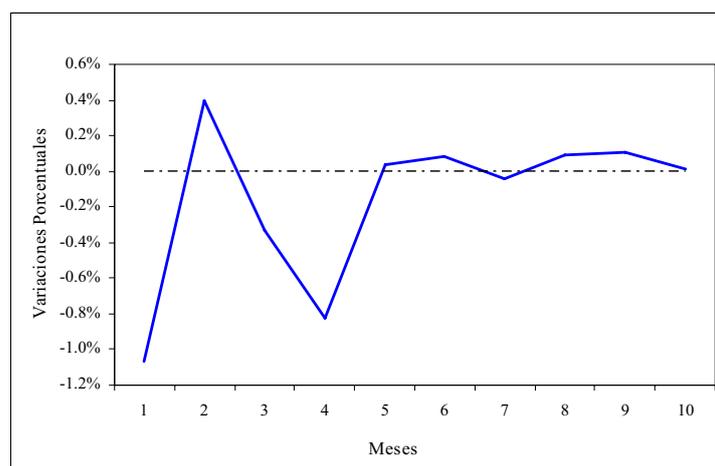
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Gráfico N° 7.2
Variación de las ventas de diesel 2 ante un *shock* de 1% en el precio



Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Gráfico N° 7.3
Variación de las ventas de kerosene ante un *shock* de 1% en su precio



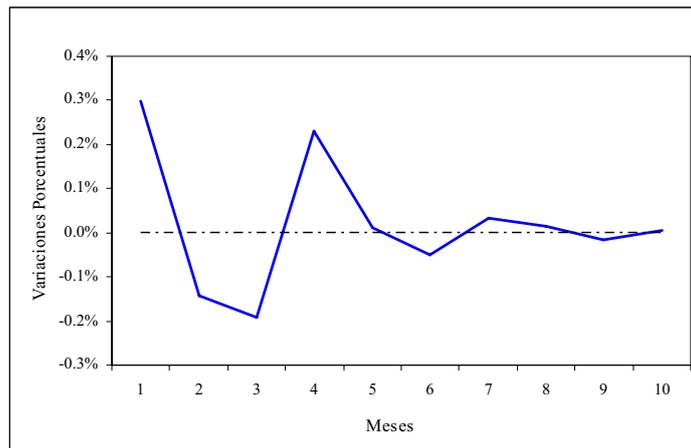
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Por otro lado, se simuló en el modelo (6.4) un incremento de 1% en el ingreso per cápita con el objeto de medir la sensibilidad de la demanda de combustibles ante cambios en este indicador. En los gráficos N° 7.4, 7.5 y 7.6 se presenta la variación de las ventas de gasolina de 84 octanos, diesel 2 y kerosene ante un incremento de 1% en el ingreso per cápita.

El resultado de este ejercicio es consistente con las predicciones de la teoría económica ya que un impulso en el ingreso provoca, en todos los casos, un incremento de la demanda. Sin embargo, y de manera similar al impacto que tienen los incrementos en los precios, la respuesta de la demanda tarda en converger al equilibrio varios meses, no produciéndose, por lo tanto, un ajuste instantáneo.



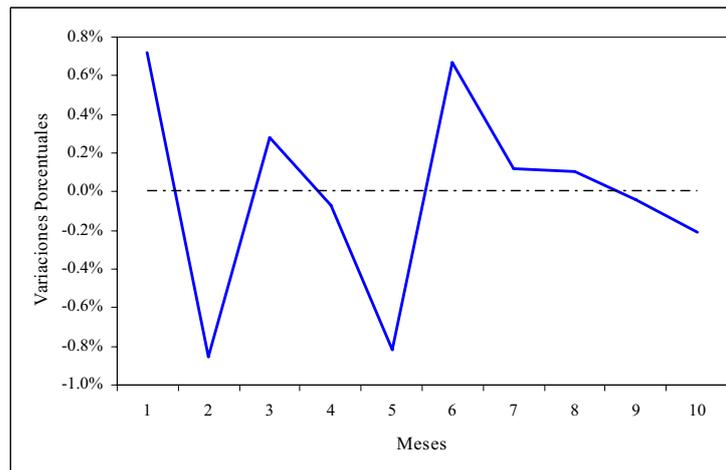
Gráfico N° 7.4
Variación de las ventas de gasolina de 84 octanos ante un *shock* de 1% en el ingreso per cápita



Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.



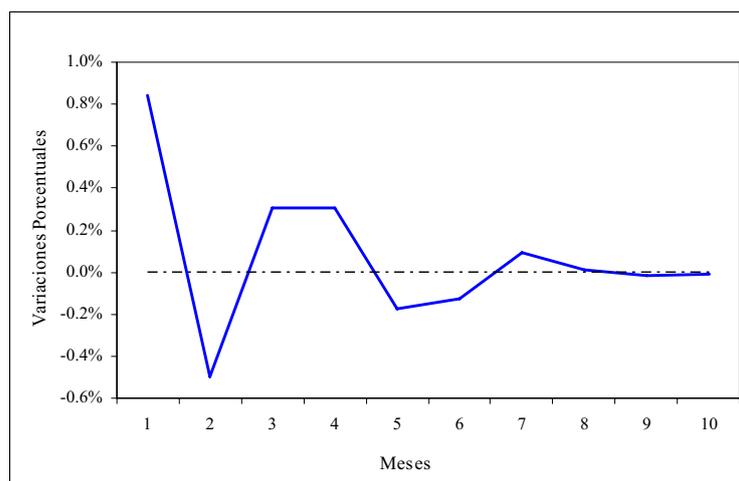
Gráfico N° 7.5
Variación de las ventas de diesel 2 ante un *shock* de 1% en el ingreso per cápita



Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.



Gráfico N° 7.6
Variación de las ventas de kerosene ante un *shock* de 1% en el ingreso per cápita



Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

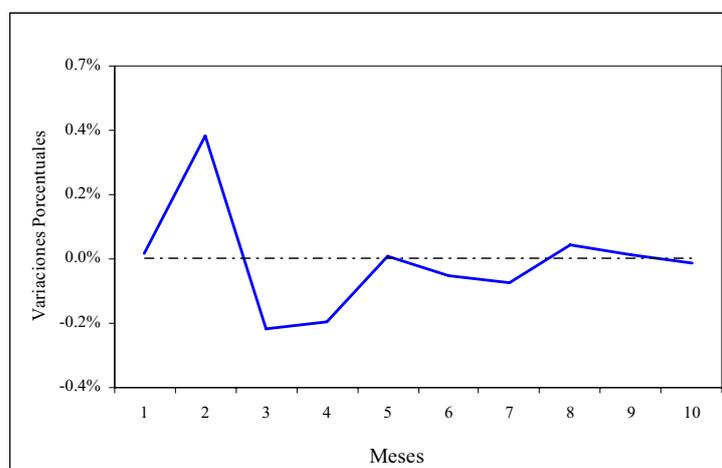
Finalmente, en el Gráfico N° 7.7 se presenta el efecto que tiene un incremento de 1% en el precio del GLP sobre la demanda de kerosene. El impacto del cambio en el precio del bien sustituto ocasiona un impulso no significativo sobre la demanda de kerosene durante el primer mes.

Sin embargo, la demanda de kerosene tiende a incrementarse luego y pasa por un proceso de ajuste hasta alcanzar el equilibrio luego de 7 meses. Esta evidencia señala que el efecto sustitución entre estos productos es relevante para explicar cambios significativos en la demanda de kerosene ante eventuales variaciones en el precio del GLP, aunque dichos cambios se presentan con cierto rezago.

En resumen, puede sostenerse a partir del análisis dinámico de la demanda de combustibles que existen retardos prolongados en la transmisión de

incrementos en los precios y en el ingreso a pesar de la existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo. Estos hallazgos se constituyen en indicios para sostener que existen ineficiencias en la transmisión de los *shocks* de precios e ingresos que dificultan el proceso de arbitraje en el mercado de combustibles.

Grafico N° 7.7
Variación de las Ventas de Kerosene ante un *shock* de 1% en el precio del GLP



Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

En el Cuadro N° 7.6 se presentan los cálculos del tiempo de ajuste promedio (medido en meses) que tardan los distintos tipos de demandas de combustibles analizadas en este documento en retornar al 90% del valor de equilibrio inicial, como consecuencia de *shocks* exógenos en precios o ingresos.

La duración de tales retardos se constituye en un indicador de la eficiencia en la transmisión de información vía precios o ingresos en el caso de los mercados de combustibles líquidos en el Perú. La existencia de retardos prolongados en un mercado determinado señala el mayor grado de ineficiencia presente en él.

Cuadro N° 7.6
Tiempo de ajuste promedio al 90% del valor de equilibrio de la
demanda ante un *shock* en las variables de interés

Tipo de combustible	Propio Precio	Ingreso	Precio Cruzado
Gasolina 84	7.950	4.981	--
Gasolina 90	3.944	6.927	--
Gasolina 97	4.983	2.907	--
Diesel 2	8.985	9.900	--
Kerosene	4.900	9.900	7.960
GLP	9.950	9.950	9.950

El tiempo promedio está medido en meses.
 Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

8. Conclusiones

La industria de hidrocarburos en el Perú es uno de los segmentos de mayor importancia en el aparato productivo dado que genera cerca del 50% del consolidado total de la energía que se demanda en el país. Comprender el funcionamiento de las condiciones de oferta y de demanda de este subsector energético es relevante para el diseño de políticas públicas destinadas a mejorar la eficiencia de la industria, mejorar las condiciones de seguridad y calidad en el uso de combustibles derivados, asegurar el abastecimiento energético y garantizar en el mediano plazo la reducción de la dependencia internacional en la provisión de energía.

Este documento presenta un estudio sobre la demanda de combustibles en el Perú, uno de los componentes más relevantes dentro del mercado de hidrocarburos derivados, identificándose que su evolución está marcada por las fluctuaciones del precio del petróleo en el mercado mundial debido al pequeño tamaño de la economía doméstica, y a la carga tributaria a la cual están sometidos los combustibles. Estas dos particularidades, sumadas al hecho que el petróleo es un bien *commodity* altamente transable, configuran un contexto



donde los precios que enfrentan los consumidores domésticos son determinados de manera exógena en el mercado nacional de combustibles.

Es precisamente el argumento de la exogeneidad el factor que permite llevar a cabo el análisis de la demanda de combustibles sin la necesidad de dar cuenta de las condiciones de oferta a través de un modelo estructural complejo, el cual requiere la imposición de restricciones que no guardan relación con la teoría económica.

A partir de un extenso análisis de la literatura relevante y utilizando métodos de estimación econométrica apropiados para salvar las limitaciones presentadas en estudios anteriores, este documento presenta estimaciones de la demanda para seis tipos de combustibles líquidos: gasolinas de 84, 90 y 97 octanos, diesel 2, kerosene y gas licuado de petróleo.



Las técnicas utilizadas permiten controlar la volatilidad a la cual están sujetas las ventas y los precios de los combustibles (como consecuencia de las erráticas fluctuaciones de los precios internacionales), así como modelar las relaciones de equilibrio de largo plazo y la dinámica de corto plazo de la demanda. De esta manera, ha sido posible calcular las elasticidades precio e ingreso (medidas de la sensibilidad de la demanda ante cambios porcentuales en alguno de estos indicadores), así como analizar la dinámica de la demanda ante innovaciones en estas variables en el corto plazo.



A partir del análisis de las elasticidades precio se ha podido constatar que la gasolina de 97 octanos presenta la mayor sensibilidad ante variaciones en su precio, lo cual puede deberse al hecho de que se trata del combustible que presenta el mayor precio al consumidor en el mercado, motivo por el cual podría ser sustituido por otro tipo de gasolinas de menor octanaje (como la de





90 y 84 octanos) ante un eventual incremento en su precio. Los combustibles menos sensibles al precio son el kerosene y el GLP, hecho que se explicaría por la necesidad de su consumo para generar cocina y alumbrado en un gran número de hogares de la población, y por la ausencia de sustitutos adecuados de estos productos. La demanda de diesel 2 presenta una elasticidad precio que se constituye en un caso intermedio entre las gasolinas y combustibles como el GLP y el kerosene.

De otro lado, el análisis de la elasticidad ingreso permite analizar el carácter superior o inferior de los combustibles en el mercado. En el caso de las gasolinas, la de 97 octanos sería un bien superior respecto a la gasolina de 90 y 84 octanos. Esto quiere decir que ante incrementos en los ingresos de los consumidores, la demanda de gasolina de 97 octanos se incrementaría en mayor proporción que otros tipos de gasolinas. En el caso del diesel 2, incrementos en el ingreso generarían aumentos en el consumo de este combustible de manera significativa, hecho que puede explicarse debido a la presencia de una gran cantidad de vehículos impulsados por diesel 2 (sobre todo taxis, camiones y camionetas) en el parque automotor del Perú.

Si se analiza el caso del kerosene y GLP, este último combustible sería un bien superior en relación al kerosene, lo cual indica que conforme vayan incrementándose los ingresos de los usuarios, el consumo de GLP tenderá a crecer en mayor medida que el consumo de kerosene. Sin embargo, existe una relación de sustitución entre estos combustibles, por lo que si se elevasen impuestos al GLP, el consumo de kerosene podría crecer a pesar de ser un bien inferior para los consumidores.

Los resultados obtenidos guardan consistencia con la teoría económica, dado que la demanda de combustibles líquidos reacciona de manera negativa ante





incrementos en sus precios y de manera positiva ante variaciones en el ingreso per cápita. Sin embargo, debe destacarse que se ha identificado que la sensibilidad de la demanda de los combustibles analizados se manifiesta en el largo plazo, por lo cual es esperable que ante variaciones en los precios de estos productos o en el ingreso de los consumidores, el ajuste al nivel de equilibrio no se produzca de manera instantánea, generándose desequilibrios en el corto plazo, los cuales ocasionan desfases en el alineamiento de la demanda durante varios meses.

La lenta velocidad de ajuste al equilibrio de la demanda es un indicador de que existen fuertes distorsiones en el mercado de combustibles (como los costos de transacción, la estructura impositiva, el poder de mercado de algunas empresas en la industria, entre otras), las cuales pueden estar ocasionando una serie de ineficiencias y desfases en la convergencia al equilibrio que pueden estar alterando los precios relativos, los patrones de consumo y el bienestar de los consumidores en el mediano y largo plazo.

Es importante señalar que este estudio constituye una base para la realización de otras investigaciones orientadas al diseño de políticas públicas. En primer término debe señalarse que los resultados mostrados en el presente documento pueden ser útiles para llevar a cabo un análisis sobre la incidencia de los impuestos y las exoneraciones a los combustibles⁶² y el cálculo de la magnitud de las distorsiones provocadas por el esquema tributario en otros mercados⁶³.

⁶². En el caso particular del OSINERG, los resultados de este estudio pueden ser útiles para analizar la incidencia del aporte de regulación (el cual tiene el mismo efecto que un impuesto a las ventas de un producto) de las empresas del sector hidrocarburos que realizan actividades de importación, refinación o distribución y comercialización, el cual es equivalente al 0.63% de la facturación mensual.

⁶³. La correcta medición de la sensibilidad de la demanda es relevante para las finanzas públicas toda vez que un cambio en los precios de los combustibles impacta de forma directa la recaudación fiscal.



En esta línea de investigación sería posible también evaluar el impacto ambiental del consumo de combustibles, dado que sería factible analizar si es que la estructura de precios y los impuestos aplicados están induciendo al uso de combustibles de mayor poder contaminante, tanto a través de la emisión de plomo (gasolina de 84 octanos, diesel 2, kerosene) como de productos oxidantes⁶⁴.

Otra aplicación de esta investigación se halla en el análisis de la organización industrial de la industria de hidrocarburos. Por ejemplo, debido a la configuración oligopólica de la industria de refinación de petróleo (la cual es la fuente de oferta de combustibles líquidos a nivel nacional), es factible la existencia de comportamientos estratégicos entre las empresas que pueden determinar que los precios sean mayores a los de una situación competitiva, provocando que estos agentes tengan algún grado de discreción en la determinación de los precios internos para la extracción de rentas extraordinarias.

En un contexto como el señalado, dado el costo marginal de refinación, el esquema tributario aplicado a los combustibles y los costos de transporte, la determinación de los precios de equilibrio dependerá de la elasticidad precio de la demanda local de combustibles y de la participación de mercado de las refinadoras. Por ello, el conocimiento de las elasticidades precio e ingreso como parámetros que identifican la demanda de combustibles resultaría importante para los hacedores de política porque permite analizar en mayor detalle la evolución del mercado y cuán sensible es la demanda ante cambios en los precios o ingresos.

⁶⁴. Un referente de esta literatura es Amengual y Cubas (2002).



De otro lado, los resultados de este estudio pueden también ser útiles para el análisis del contrabando de combustibles en el Perú. En base a la metodología planteada en este documento, sería posible estimar las elasticidades precio en las zonas fronterizas donde se producen flujos de contrabando relevantes (como en Ecuador⁶⁵ y Bolivia), con el objeto de evaluar si es que cambios impositivos que elevan los precios están ocasionando discrepancias severas con los precios internos en otros países. Estas diferencias generarían espacios donde el arbitraje de precios puede inducir a la existencia de flujos de contrabando masivo de combustibles al interior del país⁶⁶.

Por otra parte, es posible llevar a cabo un análisis de las distorsiones que generan las exoneraciones de los impuestos a los combustibles en la selva peruana, analizando la sensibilidad de la demanda dentro de las zonas exoneradas y aquellas sin exoneración. Los flujos de combustibles exonerados hacia zonas que no cuentan con beneficios tributarios son una fuente de abastecimiento para comercializadores informales, los cuales adulteran los combustibles y los comercian bajo precarias condiciones de seguridad, ocasionando perjuicios económicos y sociales⁶⁷. Estudios especializados en el análisis de la demanda de combustibles en estas zonas pueden ser útiles para el diseño de políticas públicas destinadas al control del contrabando y al combate a la informalidad.

Debe señalarse que, a juzgar por la revisión de la literatura realizada en este documento, esta investigación resulta ser inédita en el Perú y es la primera que

⁶⁵. En el Perú, la principal fuente de contrabando se localiza en la frontera con Ecuador la cual adopta la forma de micro-contrabando a través del traslado de combustibles en galoneras o pequeños cilindros. Este combustible se destina a los mercados del norte del país.

⁶⁶. Un caso de estudio interesante sobre este tema lo constituye el trabajo de Haro e Ibarrola (2000).

⁶⁷. Para una discusión preliminar de este problemática en el Perú, véase Vásquez, Gallardo, Bendejú, Salvador y Amezcuita (2003).





comprende un análisis integral de la demanda de combustibles. Sin embargo, los resultados reportados en este documento presentan algunas limitaciones. En primer lugar, la especificación de la forma funcional log-lineal es adecuada para simplificar la estimación y el análisis de las elasticidades, así como para llevar a cabo el análisis dinámico. Aunque las pruebas de Box-Cox dan sustento para aceptar esta especificación, sería necesario continuar analizando formas funcionales flexibles de tipo semiparamétrica o no paramétrica que puedan mejorar la estimación de la demanda agregada de combustibles⁶⁸. Por otro lado, sería interesante evaluar la no linealidad y la asimetría del efecto de los precios sobre la demanda de combustibles, de acuerdo a los recientes estudios llevados a cabo en la literatura⁶⁹. Además, debido a la agregación de los datos, no es posible analizar de manera separada la dinámica de la demanda de diferentes grupos (residencial, comercial e industrial).

Asimismo, debido al tipo de base de datos empleado, el estudio no permite llevar a cabo un análisis de bienestar para evaluar el impacto de las fluctuaciones de la demanda ante las fluctuaciones del precio internacional del petróleo o la elevación de los impuestos. Es necesario realizar esfuerzos para construir una base de datos desagregada a nivel de hogares y empresas con el objetivo de poder analizar la magnitud de los cambios en los precios sobre el bienestar de estos agentes. La realización de un estudio de demanda residencial y comercial de combustibles constituiría un complemento valioso a este documento para esos propósitos, por lo cual queda pendiente también en la agenda de investigación.

⁶⁸. Véase por ejemplo Pagan, A. y A. Ullah (1999). *Nonparametric Econometrics*. New York: Cambridge University Press. Aunque las pruebas de especificación funcional sugieren que no existirían problemas por la omisión de variables omitidas, una especificación semiparamétrica permitiría corregir los sesgos que podrían existir de existir variables omitidas.

⁶⁹. Una referencia relevante de esta literatura es el trabajo de Borenstein, Cameron y Gilbert (1997).





9. Bibliografía

Amengual, D. y G. Cubas (2002). “Imposición Óptima a las Naftas y el Gasoil: Un análisis empírico para Uruguay, 1988-2001”. *XVII Jornada Anual de Economía. Banco Central de Reserva de Uruguay*.

Baltagi, B. y J. Griffin (1983). “Gasoline demand in the OECD: an application of pooling and testing procedures”. *European Economics*. 16: 139-143.

Bendezú, L. (2002). “Determinantes y volatilidad del tipo de cambio en el corto plazo”. *Econodemica*. 1: 173-193.

Berkowitz, M.; Gallini, N.; Miller, E. y R. Wolfe (1990). “Disaggregate Analysis of the Demand for Gasoline”. *Canadian Journal of Economics*. 23: 253-275.

Borenstein, S.; Cameron, C. y R. Gilbert (1997), “Do Gasoline Prices Respond Asymmetrically to Crude Oil Prices?” *Quarterly Journal of Economics*. 112: 305-339.

Blum, U.; Foos, G. y N. Guadry (1988). “Aggregate time series gasoline demand models: review of the literature and new evidence for West Germany”. *Transportation Research*. 22: 75-88.

Bollerslev, T. (1986). “Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity”. *Journal of Econometrics*. 31: 307-327.

Dahl, C. (1982). “Do gasoline demand elasticities vary?” *Land Economics*. 58: 373-382.

Dahl, C. (1986). “Gasoline Demand Survey”. *Energy Journal*. 7: 67-82.

Dahl, C. (1992). “A survey of energy demand elasticities for the developing world”. *Journal of Energy and Development*. 18: 1-47.

Dahl, C. Y T. Sterner (1991). “A survey of econometric gasoline demand elasticities”. *International Journal of Energy System*. 11: 53-76.

Davidson, J.; Hendry, F.; Srba, F. y J. Yeo (1978). “Econometric modelling of the aggregate time-series relationship between consumers, expenditure and income in the United Kingdom”. *Economic Journal*. 88: 661-692.





Dickey, D. y W. Fuller (1979). "Distribution of the estimators for autoregressive time series with unit root". *Journal of the American Statistical Association*. 74: 427-431.

Dickey, D. y S. Said (1984). "Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order". *Biometrika*. 71, 599-607.

Drollas, L. (1984). "The demand for gasoline: further evidence". *Energy Economics*. 6, 71-82.

Dubin, J. y D. McFadden (1984). "An econometric analysis of residential electric appliance holdings and consumption". *Econometrica*. 52: 345-362.

Enders, W (1995). *Applied Econometrics Time Series*. 1st edition. New York: John Wiley & Sons.

Engle R. (1982). "Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation". *Econometrica*. 50: 987-1007.

Engle, R. y C. Granger (1987). "Co-integration and error-correction: representation, estimation and testing". *Econometrica*. 55: 251-276.

Elliott, G; Rothenberg, T. y J. Stock (1996). "Efficient Test for an Autoregressive Unit Root". *Econometrica*. 64: 813-836.

Eltony, M y N. Al-Mutairi (1995). "Demand for gasoline in Kuwait". *Energy Economics*. 17: 249-253.

Espey, M. (1998). "Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities". *Energy Economics*. 20: 273-295.

Vásquez, A; Gallardo, J; Bendezú, L; Salvador, J; y F. Amézquita (2003). *La Informalidad en la comercialización de combustibles líquidos en el Perú*. Documento de Trabajo Oficina de Estudios Económicos, OSINERG. Mimeo.

Gately, D. y S. Streifel (1997). *The Demand for Oil Products in Developing Countries*. World Bank Discussion Paper N° 359.

Gallardo, J., Bendezú, L. y J. Coronado (2005). *Estimación de la Demanda Agregada de Electricidad*. Documento de Trabajo N° 4. Oficina de Estudios Económicos, OSINERG.

Granger C. (1981). "Some properties of time series data and their use in econometric model specification". *Journal of Econometrics*. 16: 121-130.





Granger C. y P. Newbold (1974). "Spurious Regressions in Econometrics". *Journal of Econometrics*. 2: 111-120.

Greene, W. (2003). *Econometric Analysis*. 5th Edition. New Jersey: Prentice Hall.

Hannesson, R. (1998). *Petroleum Economics: issues and strategies of Oil and Natural Gas Production*. London: Quorum Books.

Haro, R y J. Ibarrola (2000). "Cálculo de la elasticidad precio de la demanda de gasolina en la zona fronteriza norte de México". *Gaceta de Economía, ITAM*. 11: 237-262.

Hendry, D. y K. Juselius (2000). "Explaining Cointegration Análisis: Part 1". *Energy Journal*. 21: 1-42.

Hendry, D. y K. Juselius (2001). "Explaining Cointegration Análisis: Part 2". *Energy Journal*. 22: 75-120.

Johansen, S. (1988). "Statistical analysis of cointegration vectors". *Journal of Economic Dynamics and Control*. 12: 231-254.

Johansen, S. y K. Juselius (1990). "Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with application to the demand for money". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 52: 169-210.

Johansen, S. y K. Juselius (1992). "Testing structural hypotheses in a multivariate cointegration analysis of the PPP and UIP for UK". *Journal of Econometrics*. 53: 211-244.

Kayser, A. (2000). "Gasoline demand and car choice: estimating gasoline demand using household information". *Energy Economics*. 22: 331-348.

Kemp, A. (1994). "International Petroleum Taxation in the 1990s". *Energy Journal*. Special Issue: 291-308

Mas-Colell, A.; Whinston, D. y J. Green (1995). *Microeconomic Theory*. New York: Oxford University Press.

McRae, R. (1994). "Gasoline Demand in Developing Asian Countries". *Energy Journal*. 15: 143-155.

Mincer, J. (1958) "Investment in Human Capital and Personal Income Distribution". *Journal of Political Economy*. 66: 281-302.





Ministerio de Energía y Minas (2002). *Balance Nacional de Energía*. OTERG.

Nelson, C. y C. Plosser (1982). "Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series: some evidence and implications". *Journal of Monetary Economics*. 10: 139-162.

Pesaran, M (1997). "The Role of Economic Theory in Modelling the Long Run". *Economic Journal*. 107: 178-191.

Pesaran, M y Y. Shin (1999). "An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis". *Econometrics and Economics Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Cambridge University Press.

Pesaran, M; Shin, Y y R. Smith (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships". *Journal of Applied Econometrics*. 16: 289-326.

Pichs, R. (2001). *Petróleo y Subdesarrollo en el contexto de la Globalización*. La Habana: Centro de Investigaciones de la Economía Mundial

Phillips, P. (1986). "Understanding spurious regressions in econometrics". *Journal of Econometrics*. 33: 311-340.

Phillips, P. y P. Perron (1988). "Testing for a unit root time series regression". *Biometrika*. 75: 335-346.

Ramanathan, R. (1999). "Short and Log Run Elasticities of Gasoline Demand in India: An Empirical Analysis Using Cointegration Techniques". *Energy Economics*. 21: 321-330.

Samimi, R. (1995). "Road transport energy demand in Australia: a cointegrated approach". *Energy Economics*. 17: 329-339.

Semboja, H. (1994). "The effects of Energy Taxes on the Kenyan economy: a CGE analysis". *Energy Economics*. 16: 205-215.

Sims, C. (1980). "Macroeconomics and Reality". *Econometrica*. 48: 1-48.

Varian, H. (1996). *Microeconomía Intermedia. Un enfoque actual*. 4ta Edición. Barcelona: Antoni Bosch.

Yule, G. (1926). "Why do we sometimes get nonsense correlations between time series". *Journal of the Royal Statistical Society*. 84: 1-63.



10. Traducciones

Páginas 42-43

Mientras el precio subió durante los años 1970 y la gente hizo algunos ajustes en sus hábitos y compró vehículos de combustibles más eficientes, hubo menos opciones para más respuestas de corto plazo en el cambio de precios. Sin embargo, en tanto la eficiencia en el uso de combustible en automóviles mejoró durante fines de esa década, las respuestas de largo plazo a cambios en el precio de los combustibles fueron mayores que antes de 1974 (Espey; 1998:290).

Página 46

El análisis teórico y los resultados de Monte Carlo presentados en este documento proveen clara evidencia a favor de la revalidación de la aproximación ARDL tradicional en la modelación econométrica de series de tiempo. El énfasis de este documento, sin embargo, ha estado exclusivamente en técnicas de estimación de ecuaciones simples y el tema importante de la estimación de sistemas no se trata aquí. Un análisis de este tipo involucra inevitablemente el problema de identificación de relaciones de corto y largo plazo y requiere de una modelación de largo plazo en el contexto de un modelo VAR irrestricto, tema que se analiza en otros estudios [...] Un procedimiento alternativo, que nos recuerda la aproximación de la Comisión Cowles, sería extender la metodología ARDL desarrollada en este documento a sistemas de ecuaciones sujetas a restricciones de identificación de corto y/o largo plazo. Esperamos seguir esta línea de investigación en el futuro, estableciendo así un nexo cercano entre el reciente análisis de cointegración y la metodología econométrica tradicional de ecuaciones simultáneas (Pesaran y Shin; 1999: 24).

Anexo N° 1

Tabla A1.1
Principales estadísticos descriptivos de las variables de la base de datos

Estadísticos	V84	V90	V97	DIESEL2	KEROSENE	GLP	P84
Media	20342.730	7569.564	2783.037	67215.490	18262.400	14385.960	5.688
Mediana	19857.460	8895.600	2703.820	68161.800	18110.820	14540.400	5.070
Máximo	30524.490	11205.880	5066.950	96780.600	27472.200	24738.000	8.230
Mínimo	13410.180	2459.143	1508.640	43541.400	13202.700	4510.800	3.930
Dev. Estándar	4405.288	2801.773	684.321	8937.041	2294.273	4210.745	1.464
Asimetría	0.202	-0.596	0.751	-0.056	1.369	0.093	0.406
Kurtosis	1.890	1.806	3.436	3.352	7.012	2.517	1.628
Jarque-Bera	6.337	12.923	11.102	0.619	107.145	1.213	11.544
Probabilidad	0.042	0.002	0.004	0.734	0.000	0.545	0.003
Coefficiente de Variación	0.217	0.370	0.246	0.133	0.126	0.293	0.257
Observaciones	109	109	109	109	109	109	109

Estadísticos	P90	P97	PDIESEL2	PKERO	PGLP	PBI1994	POBLA	IPC
Media	6.691	7.854	4.670	4.289	5.010	9610.694	25301.990	148.080
Mediana	6.160	7.310	4.340	3.640	4.650	9675.989	25313.570	156.619
Máximo	9.270	11.090	7.030	6.930	6.830	11742.440	27148.100	172.716
Mínimo	4.670	5.180	2.930	2.890	3.860	7061.588	23421.420	100.000
Dev. Estándar	1.520	1.951	1.359	1.315	0.801	824.785	1095.956	21.960
Asimetría	0.323	0.200	0.325	0.697	0.783	-0.296	-0.023	-0.647
Kurtosis	1.666	1.701	1.647	1.989	2.364	3.339	1.789	2.061
Jarque-Bera	9.975	8.385	10.240	13.463	12.962	2.114	6.674	11.602
Probabilidad	0.007	0.015	0.006	0.001	0.002	0.347	0.036	0.003
Coefficiente de Variación	0.227	0.248	0.291	0.306	0.160	0.086	0.043	0.148
Observaciones	109	109	109	109	109	109	109	109

Fuente: INEI, DGH – MEM, PETROPERU.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Tabla A1.2
Pruebas de Raíz Unitaria DF – GLS

Variables	Prueba DF GLS		Rezago Óptimo
LV84	-1.705	***	11
LV90	-0.831	***	12
LV97	-2.578	**	1
LDIESEL2	-2.241	**	2
LKEROSENE	-2.645	***	2
LGLP	-2.326	**	12
LP84	-1.325	**	2
LP90	-1.177	**	1
LP97	-1.548	**	1
LPDIESEL2	-1.531	***	1
LPKERO	-1.334	***	4
LPGLP	-1.239	***	1
LPBIP	-1.323	***	12

Las ventas de combustibles están expresas en logaritmos per-cápita. Los precios están expresados en términos reales y transformados en logaritmos. ** significativa al 5%, *** significativa al 1%.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

Anexo N° 2

Estimaciones de los Modelos de Corrección de Errores

Gasolina de 84 octanos: ARDL (2,2,2)*

Regresores	Coficiente	t - est	Prob.
Constante	-0.033	-0.700	0.486
Error 84 (t-1)	-0.354	-3.420	0.001 ***
DV84 (t-1)	-0.447	-4.250	0.000 ***
DV84 (t-2)	-0.235	-2.481	0.015 **
DP84	-0.441	-1.129	0.262
DP84 (t-1)	0.616	1.549	0.125
DP84 (t-2)	0.152	1.375	0.185
DPBIP	0.312	1.530	0.129
DPBIP (t-1)	-0.004	-0.019	0.985
DPBIP (t-2)	-0.247	-1.263	0.210
Tendencia	0.006	0.500	0.618
Dummy 84	-0.199	-3.893	0.000 ***
R ² ajustado	0.428	Ljung - Box Q(10)	10.101
SEC	0.612	F -est	7.542 ***
SIC	-4.626		

Gasolina de 97 octanos: ARDL (1,1,1)*

Regresores	Coficiente	t - est	Prob.
Constante	0.054	0.995	0.320
Error 97 (t-1)	-0.710	-3.070	0.002 ***
DV97 (t-1)	-0.044	-0.338	0.736
DP97	-1.573	-3.233	0.001 ***
DP97 (t-1)	0.485	0.698	0.485
DPBIP	0.521	1.352	0.176
DPBIP (t-1)	-0.024	-0.088	0.930
Tendencia	-0.009	-0.677	0.499
R ² ajustado	0.353	Ljung - Box Q(10)	2.869
SEC	2.679	F -est	35.599 ***
SIC	-3.326		

Gasolina de 90 octanos: ARDL (6,6,6)*

Regresores	Coefficiente	t - est	Prob.
Constante	0.297	3.650	0.000 ***
Error 90(t-1)	-0.307	-2.135	0.036 **
DV90(t-1)	-0.537	-5.487	0.000 ***
DV90(t-2)	-0.445	-4.504	0.000 ***
DV90(t-3)	-0.343	-3.466	0.001 ***
DV90(t-4)	-0.362	-3.891	0.000 ***
DV90(t-5)	-0.280	-3.026	0.003 ***
DV90(t-6)	0.002	0.020	0.984
DP90	-1.033	-1.705	0.092
DP90(t-1)	-0.108	-0.171	0.864
DP90(t-2)	0.552	0.901	0.370
DP90(t-3)	-0.372	-0.604	0.547
DP90(t-4)	-0.300	-0.483	0.631
DP90(t-5)	0.529	0.834	0.407
DP90(t-6)	0.896	1.442	0.153
DPBIP	0.890	2.484	0.015 **
DPBIP(t-1)	0.404	1.069	0.288
DPBIP(t-2)	-0.369	-1.032	0.305
DPBIP(t-3)	-0.025	-0.072	0.943
DPBIP(t-4)	0.210	0.603	0.549
DPBIP(t-5)	-0.248	-0.735	0.465
DPBIP(t-6)	-0.905	-2.644	0.010 **
Tendencia	-0.062	-3.090	0.003 ***
Dummy 90	-0.400	-6.258	0.000 ***
R ² ajustado	0.587	Ljung - Box Q(10)	4.763
SEC	0.973	F -est	6.987 ***
SIC	-3.564		

Kerosene: ARDL (3,3,3)

Regresores	Coefficiente	t - est	Prob.
Constante	-0.062	-2.093	0.036 **
Error Kero (t-1)	-0.382	-3.293	0.001 ***
DKEROSENE (t-1)	-0.353	-3.088	0.002 ***
DKEROSENE (t-2)	-0.304	-2.340	0.019 **
DKEROSENE (t-3)	-0.054	-0.480	0.632
DPKERO	-0.795	-1.620	0.105
DPKERO (t-1)	-0.090	-0.180	0.857
DPKERO (t-2)	-0.153	-0.334	0.739 ***
DPKERO (t-3)	-0.734	-1.760	0.078
DPBIP	0.666	3.309	0.001 ***
DPBIP (t-1)	-0.145	-0.755	0.450
DPBIP (t-2)	0.300	1.754	0.080
DPBIP (t-3)	0.380	1.798	0.072
DPGLP	0.212	0.902	0.367
DPGLP (t-1)	0.344	1.565	0.118
DPGLP (t-2)	0.167	0.764	0.445
DPGLP (t-3)	0.047	0.226	0.822
Tendencia	0.016	2.000	0.046 **
Dummy Kerosene	0.041	1.842	0.066
<hr/>			
R ² ajustado	0.471	Ljung - Box Q(10)	6.851
SEC	0.503	F -est	207.899 ***
SIC	-4.499		

Diesel 2: ARDL (5,5,5)*

Regresores	Coefficiente	t - est	Prob.
Constante	0.155	2.294	0.024 **
Error Diesel (t-1)	-0.487	-2.629	0.010 ***
DDIESEL2 (t-1)	-0.420	-2.524	0.014 **
DDIESEL2 (t-2)	-0.292	-1.888	0.063
DDIESEL2 (t-3)	-0.099	-0.692	0.491
DDIESEL2 (t-4)	-0.078	-0.596	0.553
DDIESEL2 (t-5)	-0.148	-1.406	0.163
DPDIESEL	0.269	0.721	0.473
DPDIESEL2 (t-1)	0.874	2.307	0.128
DPDIESEL2 (t-2)	0.642	1.696	0.094
DPDIESEL2 (t-3)	-0.223	-0.581	0.563
DPDIESEL2 (t-4)	-0.492	-1.273	0.207
DPDIESEL2 (t-5)	0.212	0.550	0.583
DPBIP	0.702	2.106	0.038 **
DPBIP (t-1)	-0.267	-0.721	0.473
DPBIP (t-2)	0.186	0.568	0.572
DPBIP (t-3)	0.126	0.402	0.689
DPBIP (t-4)	-0.607	-1.876	0.064
DPBIP (t-5)	0.103	0.327	0.744
Tendencia	-0.038	-2.222	0.029 **
Dummy	-0.172	-2.322	0.023 **
<hr/>			
R ² ajustado	0.488	Ljung - Box Q(10)	6.981
SEC	0.858	F -est	5.587 ***
SIC	-3.842		

Gas Licuado de Petróleo (GLP): ARDL (7,7,7)*

Regresores	Coefficiente	t - est	Prob.
Constante	0.019	0.245	0.807
Error GLP (t-1)	-0.557	-4.284	0.000 ***
DGLP (t-1)	-0.714	-7.076	0.000 ***
DGLP (t-2)	-0.666	-5.924	0.000 ***
DGLP (t-3)	-0.511	-4.846	0.000 ***
DGLP (t-4)	-0.363	-3.593	0.001 ***
DGLP (t-5)	-0.240	-2.426	0.018 **
DGLP (t-6)	-0.205	-1.969	0.053 **
DGLP (t-7)	-0.210	-2.254	0.028 **
DPGLP	-0.333	0.774	0.442
DPGLP (t-1)	1.158	1.497	0.115
DPGLP (t-2)	0.453	0.961	0.340
DPGLP (t-3)	0.786	1.629	0.108
DPGLP (t-4)	-0.004	-0.008	0.994
DPGLP (t-5)	0.465	1.032	0.306
DPGLP (t-6)	-0.320	-0.707	0.482
DPGLP (t-7)	0.108	0.235	0.815
DPBIP	0.101	0.239	0.812
DPBIP (t-1)	0.719	1.766	0.082
DPBIP (t-2)	0.062	0.155	0.877
DPBIP (t-3)	0.611	1.490	0.141
DPBIP (t-4)	0.636	1.518	0.134
DPBIP (t-5)	0.980	1.461	0.116
DPBIP (t-6)	0.180	0.432	0.667
DPBIP (t-7)	1.079	2.825	0.006 ***
DPKERO	0.485	0.745	0.459
DPKERO(t-1)	-0.387	-0.541	0.590
DPKERO(t-2)	0.274	0.382	0.703
DPKERO(t-3)	-0.102	-0.138	0.891
DPKERO(t-4)	-1.003	-1.454	0.151
DPKERO(t-5)	-0.451	-0.526	0.601
DPKERO(t-6)	-0.582	-0.660	0.512
DPKERO(t-7)	-0.207	-0.262	0.794
Tendencia	0.008	0.426	0.672
Dummy GLP	-0.705	-7.801	0.000 ***
R ² ajustado	0.670	Ljung - Box Q(10)	8.521
SEC	0.724	F -est	6.781 ***
SIC	-3.338		

***Notas**

R² ajustado: coeficiente de determinación o ajuste del modelo. SEC: suma de errores al cuadrado. SIC: Criterio de Información de Schwartz. Ljung-Box Q(10): estadístico para evaluar autocorrelación serial de orden 10. F - est: prueba de significancia conjunta de las variables del modelo. El parámetro de ajuste de cada modelo está representado por la variable "Error". El prefijo "D" significa que se expresa la variable en primera diferencia. (t -) señala el número del rezago. Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

Anexo N° 3
Estimaciones de las Elasticidades Cruzadas

Precios	Demanda			
	Gasolina 97	Gasolina 90	Gasolina 84	Diesel 2
Precio G90 (z - estadístico)	-0.740 -1.094	-- --	-1.050 -1.349	-0.585 -1.557
Precio G84 (z - estadístico)	-0.374 -0.984	0.121 0.984	-- --	-0.287 -0.939
Precio D2 (z - estadístico)	0.050 0.164	0.214 0.729	0.214 1.229	-- --
Precio GLP (z - estadístico)	-- --	-- --	-- --	0.080 1.229

** significativa al 95%.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

**Organismo Supervisor de la Inversión en Energía - OSINERG
Oficina de Estudios Económicos - 2005**

Equipo de Trabajo

José Gallardo Ku	Gerente de Estudios Económicos.
Especialistas:	
Raúl Pérez-Reyes Espejo	Economista Principal.
Raúl García Carpio Sector Eléctrico.	Especialista en Regulación Económica.
Arturo Vásquez Cordano	Especialista en Organización Industrial. Sector Hidrocarburos.
Luis Bendezú Medina	Especialista en Econometría.
Lennin Quiso Córdova	Especialista en Supervisión. Sector Hidrocarburos.
Asistente Administrativo: Clelia Bandini Malpartida	