

# La Demanda Residencial por Energía Eléctrica en Chile\*

Claudio A. Agostini<sup>†</sup>    M. Cecilia Plottier<sup>‡</sup>    Eduardo H. Saavedra<sup>§</sup>

Julio 2011

## Abstract

En un contexto energético como el chileno, con una demanda creciente y una oferta estocástica de energía, es importante identificar con precisión los determinantes de la demanda por energía eléctrica de los hogares. En particular, es relevante conocer su elasticidad precio con el objeto de poder utilizar mecanismos de flexibilización de precios para reducir posibles déficits de energía. En este trabajo se estima la demanda de energía eléctrica residencial usando datos desagregados a nivel de hogar y considerando explícitamente el rol de sustitución del gas licuado, todo lo cual constituye una innovación respecto a trabajos anteriores para Chile. Los resultados obtenidos, sin embargo, son bastante consistentes con estudios previos. La elasticidad precio estimada está robustamente entre -0.38 y -0.40 para el consumo residencial, la elasticidad precio cruzada respecto al gas licuado entre 0.14 y 0.16 y la elasticidad ingreso entre 0.11 y 0.12. Estos resultados muestran la factibilidad de implementar una política de manejo de la demanda como parte de una política de eficiencia energética y así hacer frente a shocks negativos de oferta de energía eléctrica en Chile.

JEL Classification: C31, C51, L51, L94, Q41.

Keywords: Electricidad, Demanda Residencial, Elasticidad Precio, Hogares

---

\*Los autores agradecen el apoyo del Ministerio de Planificación, propietario intelectual de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional, CASEN 2006. No obstante, los resultados y análisis que entrega este trabajo son de nuestra única y exclusiva responsabilidad.

<sup>†</sup>Universidad Adolfo Ibañez, Chile. Email: [claudio.agostini@uai.cl](mailto:claudio.agostini@uai.cl)

<sup>‡</sup>Departamento de Economía, Universidad Católica del Uruguay. Email: [cplottier@gmail.com](mailto:cplottier@gmail.com)

<sup>§</sup>ILADES-Universidad Alberto Hurtado, Chile. Correspondencia a Erasmo Escala 1835, Santiago, Chile. Teléfono: (562)8897356. Fax: (562)6920303. Email: [saavedra@uahurtado.cl](mailto:saavedra@uahurtado.cl)

# 1 Introducción

Desde principios de la década de los noventa, la demanda de energía eléctrica en Chile ha mostrado un crecimiento sostenido.<sup>1</sup> Este aumento del consumo ha sido, en general, acompañado por incrementos de la oferta, pero han existido inconvenientes para satisfacer la demanda en algunos períodos. Tanto sequías como dificultades con el abastecimiento de gas desde países vecinos, en particular Argentina, han afectado negativamente la generación de electricidad. De hecho, la variabilidad hidrológica de la zona central del país, así como la volatilidad en la disponibilidad de gas, ha determinado que sean inevitables episodios de escasez de energía eléctrica (Díaz et al. 2000 y 2001; Galetovic et al, 2004). En ocasiones, en estos períodos de caída de la oferta, se han aplicado medidas de racionamiento e incluso cortes de suministro a los consumidores.<sup>2</sup>

Ante un contexto poco favorable a principios del año 2008, el gobierno chileno tomó una serie de medidas para reducir el consumo de energía eléctrica, buscando evitar cortes en el abastecimiento.<sup>3</sup> Algunas de éstas se orientaron hacia la demanda residencial, promoviendo el uso de ampolletas de bajo consumo, prorrogando el horario de verano y buscando incentivar el ahorro de energía a través de campañas publicitarias.<sup>4</sup> En 2008, se realizó también una modificación de precios, incorporando el mes de abril en la medición de horas punta del sistema, lo cual según las autoridades permitió reducir la demanda en 3,7 GWh promedio diario durante sus días de aplicación. Además, entre marzo y octubre de 2008 se aplicó el decreto de racionamiento preventivo, que autoriza a los distribuidores a interrumpir el servicio y fuerza a compensar a los usuarios regulados.<sup>5</sup> Se estableció una reducción de hasta un 10% en la tensión nominal del suministro eléctrico de las distribuidoras, se flexibilizó el uso de los recursos hídricos con el objetivo de contar con mayores reservas y márgenes de seguridad y se promovió también una campaña de ahorro en el sector público, entre otras medidas tomadas entre 2007 y 2008.

Finalmente, en noviembre del año 2008 se dio por finalizado el período de estrechez energética, y entre marzo y octubre del año 2008 se registró por primera vez en muchos años una disminución del consumo eléctrico promedio con respecto a igual período del año anterior (cayó un 1.61%). Por tanto, si bien la demanda de energía eléctrica ha mostrado

---

<sup>1</sup>Según datos de la Comisión Nacional de Energía entre 1990 y 2007 las ventas totales de energía eléctrica del país crecieron a una tasa promedio anual superior al 8%. A partir del año 2000 el crecimiento fue menor a los años previos, pero aún así aumentó sostenidamente un 5.7% promedio anual. Solamente en 2008 cayó el consumo de energía eléctrica.

<sup>2</sup>En 1989 y 1990, los clientes debieron reducir su consumo en un 10% durante aproximadamente 45 días. En 1998 y 1999, el suministro fue racionado y se produjeron cortes de luz a clientes regulados (Serra, 2002). En 2008 y 2011 se redujo en 10% el voltaje en los centros urbanos para hacer fente a la sequía.

<sup>3</sup>Las razones del riesgo energético fueron una sequía sostenida, menores volúmenes de gas importados desde Argentina y alto precio internacional de los combustibles, un mayor período de reparación de la central Nehuenco y deshielos menores a los pronosticados.

<sup>4</sup>Inicialmente campaña “Ahorra ahora” y a mediados de año “Gracias por tu energía”.

<sup>5</sup>Inicialmente estaba previsto que funcionara del 26 de febrero al 31 de agosto y se extendió hasta el 31 de octubre de 2008.

una sostenida tendencia creciente, ante un período de escasez de oferta como la de 2008 fue posible reducir el consumo. El escenario se vuelve a repetir en 2011, donde producto de la sequía el gobierno autorizó una disminución de 10% en el voltaje en zonas urbanas y 12.5% en zonas rurales, junto a una nueva campaña de eficiencia energética y ahorro en el consumo del sector público.

En este contexto de una demanda por electricidad que sigue creciendo y una oferta que es insuficiente en ciertos períodos, profundizar en el conocimiento del comportamiento de los agentes con respecto al consumo de electricidad genera información fundamental para la regulación eficiente del sector y puede abrir alternativas de política ante casos de escasez temporal.

En ese sentido, este trabajo contribuye a identificar los determinantes de la demanda de energía eléctrica de los hogares,<sup>6</sup> en particular las elasticidades precio e ingreso. Para ello se estima la demanda de energía eléctrica residencial usando información de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) 2006. La principal ventaja de esta información es su grado de desagregación por unidad económica (hogar), contando además con datos para todo el país y con información del nivel de ingresos y otras características sociodemográficas relevantes, lo que constituyó una innovación con respecto a estudios anteriores.<sup>7</sup> Adicionalmente, la especificación econométrica proviene de una función de demanda con microfundamentos, derivada de una función de utilidad CES para el consumo de energía de los hogares, lo cual permite una interpretación estructural de los parámetros estimados.

Los resultados obtenidos respecto a la elasticidad precio son bastante consistentes con estudios previos, con una elasticidad estimada entre -0.38 y -0.40 para el consumo residencial. La elasticidad cruzada con respecto al precio del gas licuado se encuentra robustamente entre 0.14 y 0.16 y la elasticidad ingreso entre 0.11 y 0.12. Los resultados muestran además, tal como se esperaría, que el consumo por hogar es significativamente mayor en Santiago que en regiones, y en zonas urbanas respecto zonas rurales.

Sin duda, lo más relevante de estos resultados es que la elasticidad precio encontrada de un -0.4 respalda realizar políticas de manejo de la demanda como parte de una política más amplia de eficiencia energética que sirva para hacer frente a shocks negativos de oferta de energía eléctrica. Este resultado específico es consistente con los de Benavente et al (2005) y Acuña (2008), y fortalece las propuestas de trabajos que plantean como una opción real para evitar el racionamiento de energía eléctrica residencial el uso de una mayor flexibilidad del precio de la energía eléctrica (Díaz et al 2000; Chumacero et al 2000; Benavente et al 2005a). Un sistema con un ajuste automático de precios podría dar los incentivos correctos para que los consumidores tomen decisiones eficientes sin que ocurran cortes. En teoría, el sistema de precios chileno permite la asignación eficiente de la energía en períodos de escasez. Sin

---

<sup>6</sup>El consumo residencial representó el 16% de la demanda nacional total de energía eléctrica y el 31% de las ventas de las distribuidoras (años 2006 y 2007).

<sup>7</sup>Con la excepción de Acuña (2008) que también usa datos de hogares.

embargo, ante situaciones de exceso de demanda en el pasado, no lo ha hecho, y la falta de flexibilidad en la fijación del precio de la energía eléctrica regulado y la complejidad del sistema de compensaciones fueron motivos que impactaron en este sentido (Díaz et al, 2000, Benavente et al, 2005).<sup>8</sup>

Al contrario del caso de países desarrollados, la literatura económica empírica es bastante escasa respecto a la demanda de energía eléctrica residencial en Chile. En Benavente et al (2005a), se estima la demanda residencial de electricidad utilizando datos de panel de ventas mensuales de energía de 18 distribuidoras del Sistema Interconectado Central (SIC) para el período enero 1995 – diciembre 2001. Sus resultados muestran que si bien la magnitud de la elasticidad precio es relativamente pequeña (-0.0548 en el corto plazo y -0.39 en el largo plazo), tiene un impacto económico significativo que puede explicar una fracción importante del aumento de la demanda en períodos donde los precios han disminuido. Por otra parte, Chumacero et al (2000) estiman la elasticidad precio e ingreso de la demanda agregada total (no sólo residencial) utilizando información mensual de generación total del SIC y precios de nudo. Sus resultados muestran una elasticidad precio de corto plazo entre -0.09 y -0.02, que sus autores señalan puede ser menor a la efectiva residencial por haber supuesto que la demanda de clientes regulados es una fracción constante de la demanda total. Estos valores son similares a los obtenidos en CNE (1986), donde se estimó la demanda agregada con datos anuales y se obtuvo una elasticidad precio entre -0.09 y -0.04. Finalmente, Acuña (2008) estima la demanda de energía eléctrica con datos desagregados y obtiene una elasticidad precio de -0.73, muy superior en magnitud al resto de la literatura incluyendo este trabajo; mientras que Marshall (2010) estima con datos agregados y obtiene elasticidades precio entre -0.37 y -0.44.

El resto del artículo se organiza del siguiente modo. La sección 2 revisa la literatura de demanda por energía eléctrica. La sección 3 desarrolla un modelo de demanda microfundado que determina la forma funcional de la demanda a estimar y luego presenta un análisis de los datos utilizados. La sección 4 presenta las estimaciones y analiza los principales resultados. Finalmente, la sección 6 concluye. Se ha agregado en un Anexo las características generales del mercado eléctrico y del consumo de energía de los hogares en Chile, para contextualizar la demanda residencial de energía eléctrica residencial en el país.

---

<sup>8</sup>Díaz et al (1999 y 2000) presentan una detallada discusión acerca de las causas de la falta de ajuste, estableciendo que una intervención más decidida de las autoridades podría haber permitido un mejor manejo de la escasez.

## 2 Consideraciones Teóricas y Evidencia Empírica

### 2.1 Demanda Derivada de Corto y Largo Plazo

La demanda de energía eléctrica es una demanda derivada, ya que se utiliza como fuente de energía para el funcionamiento de aparatos y equipos, que son los que proveen el servicio final que demandan los usuarios. En general, la decisión de consumo de energía eléctrica residencial tiene tres componentes que están estrechamente relacionados y se retroalimentan (Hartman, 1979): (i) la decisión de comprar o reemplazar un bien durable que provee un servicio al hogar (calefacción, iluminación, cocina, entretenimiento, etc.), (ii) la decisión de las características técnicas del aparato y la energía que utiliza el mismo para proveer el servicio,<sup>9</sup> y (iii) la frecuencia e intensidad de la utilización de los equipos adquiridos.

De esta forma, la energía eléctrica no genera utilidad en sí misma a los consumidores, sino que contribuye indirectamente al ser un insumo para procesos o actividades cuyo resultado sí le reporta utilidad a los individuos en el hogar (Taylor, 1975). Estos procesos que generan utilidad y necesitan electricidad para funcionar, requieren de inversión en bienes durables, por lo tanto es necesario separar entre la demanda de corto plazo donde el stock de bienes durables se considera dado, y entonces la decisión económica relevante es de la frecuencia o intensidad de uso, y la demanda de largo plazo donde los consumidores pueden modificar su stock de bienes durables.

Si bien conceptualmente es importante separar demandas de corto y largo plazo, su identificación empírica no es trivial. Uno de los trabajos pioneros en hacerlo es el de Fisher y Kaysen (1962), que identifican las elasticidades de corto plazo controlando directamente por el stock de equipos y las de largo plazo a partir de una segunda ecuación que modela la demanda por equipos. Sin embargo, este enfoque requiere datos de stock de equipos, lo cual es una limitación importante.

Es así como los modelos de ajuste parcial surgen como una alternativa más factible, ya que no requieren de información sobre el stock de equipos. La idea principal detrás de estos modelos es que el consumo deseado es el que realizarían los consumidores si el stock de equipos estuviera en el óptimo de largo plazo, lo cual no sucede debido al costo de ajustar las existencias de equipos instantáneamente ante cambios en los precios (Berndt y Samaniego, 1984; Benavente et al, 2005a). De esta forma, es posible modelar el consumo de energía presente en función del consumo de energía pasado y parámetros que miden la velocidad de ajuste, pudiendo distinguir entonces la elasticidad de corto de la de largo plazo. Una de las desventajas, sin embargo, es que los modelos dinámicos muestran mayor inestabilidad en sus resultados (Dahl, 1993).

Un tercer enfoque explorado, en algún grado complementario, es el de estimar demandas

---

<sup>9</sup>Las características técnicas son las más relevantes debido a que afectan el consumo de energía, pero también influyen en la decisión el diseño, tamaño y demás funciones adicionales por encima del servicio básico que presta el equipo.

condicionales, el cual considera el consumo de energía condicional en el stock y la heterogeneidad de los aparatos en el hogar junto la decisión de compra de equipos (Parti y Parti, 1980; Bartels y Fiebig, 2000; Reiss y White, 2005). La mayor limitación en este caso se encuentra en la disponibilidad de datos de panel que además incluyan información detallada sobre los equipos existentes en los hogares en cada período.

En general, no existe consenso en la literatura respecto a la mejor forma de identificar las elasticidades relevantes de la demanda por electricidad y la mayoría de los trabajos, tal vez por disponibilidad de datos, utiliza modelos uniecuacionales. Sin embargo, hay mayor consenso respecto a la interpretación de las estimaciones dependiendo del tipo de datos utilizados. Es así como estimaciones con datos de corte transversal se consideran de largo plazo y con datos de series de tiempo como de corto plazo (Bohi y Zimmerman, 1984). En ese sentido, la utilización de datos desagregados de panel permitiría estimar elasticidades de corto y largo plazo simultáneamente (Dahl, 1993).

## 2.2 Evidencia Empírica

Conceptualmente, aumentos en el precio de la energía pueden dar lugar a una disminución del consumo del servicio para el que se utiliza dicha energía (y por ende a una disminución del consumo de la energía) o a la sustitución entre energéticos. Adicionalmente, al ser una demanda derivada, un incremento de precios puede llevar a inversiones adicionales que permitan obtener el mismo nivel de servicio final sin necesidad de aumentar el gasto en la misma fuente de energía o sustituir la fuente de energía por otra (Sweeney, 1984). Un buen ejemplo de este último efecto ocurre respecto al servicio de calefacción, donde una alternativa es invertir en mayor aislamiento térmico en vez de utilizar otra fuente energética. Obviamente, este efecto requiere un ajuste de mayor plazo al igual que el ajuste en el stock de equipos (con mayor eficiencia energética los más nuevos), razones por lo cual la elasticidad precio de corto plazo debiera ser menor que la de largo plazo, en términos absolutos. La pregunta relevante en la literatura se concentra entonces en determinar la magnitud de las elasticidades.

La evidencia empírica internacional muestra resultados para la elasticidad precio de largo plazo en un rango acotado entre -0.7 y -1 (Taylor, 1977; Bohi y Zimmerman, 1984; Sweeney, 1984; Dahl, 1993).<sup>10</sup> En el corto plazo, las estimaciones de la elasticidad precio se encuentran en un rango entre -0.2 y -0.4 (Fisher y Kysen, 1962; Anderson, 1973; Taylor, 1977; Dubin y McFadden, 1984; Bohi y Zimmerman, 1984; Dahl, 1993; Reiss y White, 2005).

Existe algo de evidencia también respecto a que la elasticidad precio sería decreciente respecto al nivel de ingreso de los hogares (Reiss y White, 2005), es decir más inelástica con mayores ingresos, y también respecto a que sería menor en el verano que en el invierno, lo cual puede interpretarse como una menor capacidad de sustitución de los equipos eléctricos

---

<sup>10</sup>La mayor parte de los estudios son para Estados Unidos o Gran Bretaña.

de frío con relación a la calefacción (Dahl, 1993; Filippini, 2002).

Las estimaciones para la elasticidad ingreso, por otro lado, son bastante sensibles al tipo de datos utilizados. Estimaciones con datos de hogares muestran elasticidades ingreso en torno a 0.4 y menores; mientras que las estimaciones con datos agregados muestran elasticidades superiores, en un rango entre 0.5 y 1.

Como se mencionó en la introducción, para el caso de Chile la evidencia empírica es relativamente escasa e infrecuente. Un primer esfuerzo por estimar la elasticidad precio de la demanda fue realizado por la CNE (1986) que utilizando datos agregados estimó una elasticidad de corto plazo entre -0.09 y -0.04. Casi quince años después, también con datos agregados, Chumacero et al (2000) estiman una elasticidad precio de corto plazo entre -0.099 y -0.024. Posteriormente, utilizando datos de panel de ventas de distribuidoras, Benavente et al (2005a) estiman una elasticidad precio de -0.0548 en el muy corto plazo (un mes), de -0.27 en el corto plazo (un año) y de -0.39 en el largo plazo (más de un año). Luego, Acuña (2008) utiliza un corte transversal de datos de hogares para 2006 y estima una elasticidad precio de -0.73, muy superior en magnitud a la encontrada previamente para Chile. Finalmente, con datos agregados comunales que mezclan consumo residencial con el de pequeños industriales y comercio, Marshall (2010) estima una elasticidad precio de -0.37 en el corto plazo y -0.44 en el largo plazo.

Las diferencias en la magnitud de las elasticidades obtenidas en las distintas estimaciones pueden tener un impacto económico significativo en el mercado eléctrico, en especial respecto a potenciales políticas públicas que se pueden implementar en tiempos de escasez. Por ejemplo, Benavente et al (2005) analizan el impacto que tendría que los usuarios percibieran el costo de oportunidad de la electricidad durante una escasez (y no la tarifa residencial BT1). Sus resultados muestran que, tres meses después del aumento en el precio la demanda se hubiera reducido un 9.5%, lo cual hubiera sido suficiente para manejar el déficit de energía en la crisis 1998-1999 que fue cercano a 10%. Si la elasticidad precio fuera menor a la que considera dicho análisis la conclusión sería distinta y si fuera mucho mayor como la estimada por Acuña (2008) el manejo de demanda permitiría enfrentar una crisis de bastante mayor magnitud que 10% de déficit. Por esta razón es que es importante para Chile tener evidencia robusta respecto de la potencial respuesta de la demanda a cambios en los precios de la electricidad.

Adicionalmente, dado que los costos de generación crecen de modo exponencial al acercarse a la máxima capacidad instalada, modificaciones de la demanda en los límites pueden generar impactos de relevancia económica (Albadi y El-Saadany, 2008), lo cuál confirma la importancia de tener el conocimiento más preciso posible acerca del comportamiento de los consumidores.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup>Para el caso de California, por ejemplo, si el precio marginal se incrementa en 3 centavos por KWh, una diferencia en la magnitud real de la elasticidad de -0.1 (-0.29 en vez de -0.39) generaría una sobreestimación de los ingresos de las empresas en torno a 75 millones de dólares (Reiss y White, 2005).

## 3 Modelo a Estimar y Datos

### 3.1 Un Modelo de Demanda por Energía

La información disponible a nivel de microdatos para Chile, a partir de la Encuesta CASEN, consiste en datos de corte transversal sobre consumo mensual en KWh del hogar, el cual depende de la frecuencia e intensidad con la que los hogares utilizan mensualmente su stock de aparatos eléctricos para consumir los servicios finales que éstos les proveen, ya sea iluminación, cocina, calefacción u otros.

Los datos excluyen entonces la posibilidad de considerar modelos de ajuste parcial para la demanda de electricidad residencial que es uno de los modelos más utilizados para estimar demanda de energía con datos de series de tiempo. Si bien en la literatura existen numerosas estimaciones de demanda de energía con datos de corte transversal, no existe un modelo estándar para hacerlo y en general las estimaciones son de forma reducida con distintas especificaciones (Houthakker, 1951; Wills, 1981; Dubin y McFadden, 1984; Halvorsen et al, 2003; Zarnikau, 2003; Fernández, 2006; Yoo et al (2007).

En este trabajo, proponemos estimar una demanda por electricidad residencial que provenga de un proceso de maximización de utilidad de los hogares. Para ello se asume que el consumo de energía es separable de los demás bienes que consume el hogar y que las preferencias de los consumidores pueden expresarse a través de una función de utilidad de elasticidad de sustitución constante (CES):

$$u_i(x_{i1}, x_{i2}) = (x_{i1}^\rho + x_{i2}^\rho)^{\frac{1}{\rho}}$$

donde  $x_{i1}$  es la cantidad de energía eléctrica consumida por el hogar  $i$  y  $x_{i2}$  representa la cantidad consumida de gas licuado. Si bien la utilidad que perciben los hogares depende del consumo de servicios provistos por aparatos que requieren de energía para su funcionamiento, la demanda por estos servicios al interior del hogar se considera en la función de utilidad a través de la cantidad de energía consumida .

Los hogares maximizan su utilidad dada su restricción presupuestaria  $y_i = p_1 \cdot x_{i1} + p_2 \cdot x_{i2}$ . Definiendo  $\alpha = \frac{1}{\rho-1}$  , la función de demanda por electricidad del hogar  $i$  ( $x_{i1}$ ) es:

$$x_{i1} = \frac{p_1^\alpha \cdot y_i}{p_1^{\alpha+1} + p_2^{\alpha+1}}$$

La elasticidad precio y la elasticidad cruzada estarían dadas por las siguientes expre-



siones:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln x_{i1}}{\partial \ln p_1} &= \alpha - \frac{(\alpha + 1) \cdot p_1^{\alpha+1}}{p_1^{\alpha+1} + p_2^{\alpha+1}} \\ \frac{\partial \ln x_{i1}}{\partial \ln p_2} &= -\frac{(\alpha + 1) \cdot p_2^{\alpha+1}}{p_1^{\alpha+1} + p_2^{\alpha+1}}\end{aligned}$$

Un problema potencial de utilizar esta especificación es que la elasticidad ingreso es igual a 1, y no hay evidencia robusta en la literatura que permita asumir esta restricción cómo válida. Por esta razón, en la estimación econométrica se flexibiliza esta restricción teórica para permitir que sean los datos los que validen o no las imposiciones del modelo CES. Para ello se incluye un parámetro ( $\beta$ ) en el ingreso que permite identificar el impacto que tienen distintos niveles de ingreso en la demanda de electricidad. Adicionalmente, se flexibilizan los coeficientes asociados a precios (multiplicando el exponente por  $\gamma$  y  $\delta$ ) y se agregan  $k$  variables con características geográficas y sociodemográficas del hogar ( $d_k$ ). De este modo, la función de demanda a estimar es:

$$\begin{aligned}x_{i1} &= \frac{p_1^\alpha \cdot y_i^\beta}{p_1^{(\alpha+1)\cdot\gamma} + p_2^{(\alpha+1)\cdot\delta}} \cdot \exp(b_0 + \sum_k d_k) \\ \Leftrightarrow \\ \ln x_{i1} &= b_0 + \alpha \cdot \ln p_1 + \beta \cdot y_i - \ln \left( p_1^{(\alpha+1)\cdot\gamma} + p_2^{(\alpha+1)\cdot\delta} \right) + \sum_k d_k\end{aligned}$$

Con lo cual las elasticidades precio, cruzada con energía sustituta e ingreso estarán dadas empíricamente por:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln x_{i1}}{\partial \ln p_1} &= \alpha - \frac{\gamma \cdot (\alpha + 1) \cdot p_1^{(\alpha+1)\cdot\gamma}}{p_1^{(\alpha+1)\cdot\gamma} + p_2^{(\alpha+1)\cdot\delta}} \\ \frac{\partial \ln x_{i1}}{\partial \ln p_2} &= -\frac{\delta \cdot (\alpha + 1) \cdot p_2^{(\alpha+1)\cdot\delta}}{p_1^{(\alpha+1)\cdot\gamma} + p_2^{(\alpha+1)\cdot\delta}} \\ \frac{\partial \ln x_{i1}}{\partial \ln y_i} &= \beta\end{aligned}$$

### 3.2 Datos

El análisis empírico se realiza utilizando datos de corte transversal por hogar para octubre y noviembre del año 2006 de la Encuesta Nacional de Caracterización Nacional (CAsEN)<sup>12</sup>, los cuales se complementan con información de precios de la Comisión Nacional de Energía (CNE).

En la encuesta CAsEN del año 2006 por primera vez se incorporó un módulo de energía,

<sup>12</sup>El 46% de los hogares de la muestra respondió el consumo de energía de un mes (34.072 hogares), siendo el 52% de las respuestas para octubre y 40% para noviembre.

con el objetivo de conocer el consumo de diferentes tipos de energía al interior de los hogares, por lo que se incorporaron preguntas sobre el consumo de gas licuado, gas de cañería y leña. Adicionalmente, en el módulo de vivienda se agregaron preguntas acerca de la disponibilidad y consumo de energía eléctrica, recopilando datos del consumo en KWh y montos pagados por los hogares (Tabla 1).

[ Tabla 1 acá ]

En la encuesta CASEN 2006 se encuestaron 73.720 hogares, habitados por 268.873 individuos, que representaron a 4.337.066 hogares y 16.152.353 personas. Del total de personas representadas por la encuesta, el 98.3% vive en un hogar que se abasteció de energía eléctrica de la red pública con medidor en 2006 (95% de los hogares de la muestra). Sólo en este conjunto de hogares se preguntó por la cantidad de electricidad consumida en el mes anterior. Así, la muestra de hogares llega a casi 70.000, de los cuales el 50% (34.072) respondió la pregunta respecto a los KWh consumidos en el hogar en el mes previo a la realización de la encuesta (Tabla 2). Esto último es relevante para la estimación, dado que la tasa de no respuesta es alta y puede no ser aleatorio qué hogares respondieron y cuáles no.

[ Tabla 2 acá ]

En la Tabla 3 se muestra la utilización de otras fuentes de energía utilizadas en los hogares encuestados. Tal como se aprecia en la tabla, el 86.2% de los hogares de la muestra utilizó gas licuado en cilindros, el 61.4% leña y el 4.4% gas por cañería. La composición cambia significativamente entre los hogares que tienen electricidad a través de la red pública y los que no. Entre los que acceden, el 87.6% utiliza gas licuado, el 4.5% gas de cañería y el 60.2% leña. Mientras que entre los que no acceden a la red pública el 61% usa gas licuado, el 3% gas de cañería y el 84% leña.

[ Tabla 3 acá ]

Como una primera mirada al problema potencial de sesgo de selección en la muestra, es importante comparar la utilización de distintas fuentes energéticas entre los hogares que respondieron la pregunta sobre la cantidad de KWh consumidos y los que no. Tal como se observa en la Tabla 4, que muestra la composición para los hogares que respondieron la pregunta, la proporción de hogares por fuente energética es bastante similar a la de la población total, lo cual se confirma estadísticamente en test de hipótesis que comparan las

proporciones entre los hogares que respondieron la pregunta en la encuesta y los que no.<sup>13</sup>

[ Tabla 4 acá ]

Dentro de esta muestra de 34,072 hogares se utilizan en el análisis empírico sólo los hogares que no comparten vivienda (97% del total), ya que no es posible identificar por separado el consumo de cada hogar dentro de la vivienda.<sup>14</sup> Adicionalmente, hay observaciones en ambos extremos de la distribución que tienen valores de consumo que no son plausibles dado el rango de consumo residencial que reportan las distribuidoras de electricidad por lo que probablemente se deben a errores en los datos. Para no eliminar arbitrariamente algunos valores específicos se optó por eliminar el 0.5% de cada cola de la distribución (1% de la muestra), lo cual sumado a la falta de información en algunas de las variables llevó a una muestra final de 32.355 hogares.

En la muestra final de hogares, el consumo promedio de electricidad en el mes fue de 129 KWh, con un gasto promedio cercano a los 14,000 pesos chilenos. En el caso del gas, los hogares consumieron en promedio 15.6 kilos por mes de gas licuado en cilindros, mientras que el consumo promedio de gas de cañería (disponible para 982 hogares) fue de 125 m3 por mes, con un gasto en torno a los 20,000 pesos por mes (Tabla 5).

[ Tabla 5 acá ]

Uno de los elementos más importantes en la estimación de una demanda por energía eléctrica es la información de precios. En el caso de los datos de la CASEN es posible calcular el precio implícito por hogar para la energía eléctrica, el cual se construye a partir de la información sobre el monto total pagado y la cantidad consumida. Dado que los hogares se enfrentan a una tarifa en dos partes, para identificar correctamente el precio es necesario restar el cargo fijo del gasto total en electricidad. De este forma, se calcula un precio para cada hogar como  $p_i = \frac{g_i - f_c}{q_i}$ , donde  $g_i$  es el gasto en electricidad reportado para el mes,  $f_c$  el cargo fijo por comuna obtenido con datos de la CNE y  $q_i$  el consumo en KWh por hogar reportado en la CASEN. (Tabla 6)<sup>15</sup> Los cargos fijos por comuna, provenientes de información pública de la CNE para octubre de 2006, identifican 48 cargos fijos distintos y 61

---

<sup>13</sup>Incluyendo variables de ingreso, geográficas y otras características del hogar (y del jefe de hogar) se estimó la probabilidad de responder el dato de consumo de KWh para testear en un modelo econométrico tipo Heckman el potencial sesgo de selección al estimar la demanda. Los resultados no rechazan la hipótesis nula de no existencia de sesgo de selección.

<sup>14</sup>En estos hogares, el consumo promedio de electricidad en el mes fue de 129 KWh, con un gasto promedio cercano a los 14,000 pesos chilenos. En el caso del gas, los hogares consumieron en promedio 15.6 kilos por mes de gas licuado en cilindros, mientras que el consumo promedio de gas de cañería (disponible para 982 hogares) fue de 125 m3 por mes, con un gasto en torno a los 20,000 pesos por mes.

<sup>15</sup>En 30 hogares de la muestra original, el gasto reportado por electricidad es menor al mínimo cargo fijo cobrado en la comuna donde se localiza el hogar. No es posible identificar si ello se debe a que esos hogares son beneficiarios del subsidio a la energía eléctrica o es simplemente un error en los datos. Al quitar el 1% de la distribución dichas observaciones se eliminan.

tarifas variables (\$/KWh) correspondientes a los servicios de abastecimiento de electricidad de 29 empresas distribuidoras. Además del precio implícito, para realizar ejercicios de robustez de las estimaciones se utiliza como precio explícito el cargo variable cobrado por las distribuidoras en cada comuna.<sup>16</sup> las estadísticas descriptivas para ambos precios se presentan en la Tabla 6.

[ Tabla 6 acá ]

Finalmente, el precio del gas licuado, el principal sustituto energético en los hogares, se obtiene de fuentes externas ya que la encuesta CASEN no entrega información del gasto en gas licuado. Una de las dificultades respecto al precio del gas licuado es que es decreciente con la cantidad consumida (debido a la oferta de tamaños discretos y fijos de cilindros de gas), por lo que es necesario realizar algunos supuestos básicos acerca de la racionalidad en el comportamiento de los hogares. Por un lado los hogares pueden tener restricciones presupuestarias y comprar la menor cantidad posible, debiendo en ese caso asignarse el precio más alto sin importar el tramo de consumo. Por otro lado, los hogares podrían buscar optimizar el consumo y comprar la cantidad necesaria para cubrir su demanda, debiendo imputarse entonces el precio de acuerdo a los rangos de consumo totales en el mes. Asumiendo un comportamiento optimizador por parte de los hogares, sin fuertes restricciones de liquidez, se calculan los precios de gas licuado para cada uno de los hogares de la muestra en base a los precios vigentes en octubre y Noviembre de 2006 para los distintos tamaños de cilindros de gas en cada una de las regiones (Tabla 7).<sup>17</sup>

[ Tabla 7 acá ]

Adicionalmente, se obtienen de la encuesta CASEN variables que permitan caracterizar el hogar en términos de ingreso, número de personas, tamaño de la vivienda (ante la inexistencia del dato de superficie se utiliza como variable proxy el número de dormitorios y baños), la presencia o no de equipos y artefactos que consumen energía (lavadora, refrigerador, calefont, computador), el uso de otras fuentes de energía (leña, gas cañería), si hay uso comercial de electricidad en el hogar (dummy Comercio), si el hogar se encuentra en una zona urbana o rural y si los materiales de construcción del hogar corresponden a los más aislantes o no (dummy Matbien) Las estadísticas descriptivas de las variables utilizadas se

---

<sup>16</sup>Se considera la tarifa BT1, de alimentación aérea, ya que la mayor parte del consumo residencial se abastece de esa forma. Asimismo, en las comunas donde más de una empresa cubre el servicio de distribución se opta por utilizar el precio mínimo, ya que la mayoría de los hogares de la muestra son urbanos y los precios más altos corresponden a zonas rurales.

<sup>17</sup>En aquellos hogares que no consumen gas licuado (N = 3,615), se imputa el precio considerando el consumo equivalente de energía eléctrica en gas licuado, de acuerdo al criterio de conversión a calorías del Balance Energético Nacional 2006. De este modo, si bien se está suponiendo sustitución perfecta entre gas licuado y electricidad, lo que se busca es estimar el rango de consumo energético de dicho hogar en términos de gas licuado para asociar un nivel de precios acorde. En la estimación se realizan posteriormente tests de robustez imputando el precio del cilindro de 15 kgs. por región.

encuentran en la Tabla 8. Es relevante destacar que apenas un 6% de los hogares en la encuesta reporta un uso comercial de electricidad por lo que la demanda estimada corresponde fundamentalmente al consumo residencial.

[ Tabla 8 acá ]

En el análisis econométrico se incorporaron variables adicionales que caracterizaran al jefe de hogar (género, educación, empleo) y la heterogeneidad de personas en el hogar (niños, adultos mayores), pero ninguna resultó significativa y los resultados no cambiaron al omitirlas del análisis. De igual forma, se consideraron variables climáticas (temperatura, lluvia) pero tampoco fueron significativas probablemente porque sus efectos se ven capturados por variables dummy regionales.

## 4 Estimación y Resultados

La evidencia en la literatura muestra sistemáticamente que la demanda de energía, además de precios e ingreso, se encuentra determinada por características del hogar (número de personas, equipamiento eléctrico, tipo de vivienda, número de habitaciones, etc.), características de los individuos (edad, presencia de niños menores o adultos mayores, ocupación fuera del hogar, etc.) y condiciones climáticas. Considerando esta evidencia, el modelo de demanda planteado previamente y la información disponible se utiliza la siguiente especificación econométrica:

$$\ln x_{i,electr} = b_0 + \alpha \cdot \ln p_{i,elect} + \beta \cdot y_i - \ln \left( p_{i,elect}^{(\alpha+1)\cdot\gamma} + p_{i,GLP}^{(\alpha+1)\cdot\delta} \right) + \sum_{k=1}^{12} \sigma_k \cdot r_{i,k} + \sum_{k=13}^{22} \sigma_k \cdot z_{i,k} + \mu_i \quad (1)$$

donde las variables  $P_{elect}$  y  $P_{GLP}$  corresponden a los precios de energía eléctrica y gas licuado que enfrenta el hogar  $i$ , respectivamente;  $z_{i,k}$  son características del hogar (descritas previamente en la Tabla 8) y  $r_{i,k}$  son dummies regionales.

La Tabla 9 presenta los resultados de estimar la ecuación (1) con Mínimos Cuadrados No Lineales corrigiendo por heterocedasticidad. Uno de los sesgos posibles de selección muestral tiene relación con el uso de gas de cañería, ya que no es aleatorio qué hogares tienen acceso a gas de cañería y cuáles no. Por esta razón, se estimó el modelo de dos formas. Primero, incluyendo una dummy para gas de cañería. Segundo, considerando sesgo de selección en la elección de tener gas de cañería. Ambos resultados se presentan en la tabla.<sup>18</sup> Si bien, el coeficiente asociado a la Razón Inversa de Mills es estadísticamente significativo ( $\lambda$ ),

<sup>18</sup>Adicionalmente, se consideró también el potencial sesgo de selección en la muestra de hogares que respondió las preguntas de energía en la encuesta. Los resultados en varias especificaciones distintas no rechazaron nunca la hipótesis nula de no existencia de sesgo de selección.

lo cual reflejaría algún grado de sesgo de selección, el impacto en los coeficientes estimado no es importante en magnitud.

[ Tabla 9 acá ]

En general, los resultados son bastante satisfactorios en el sentido de que la regresión logra explicar una parte importante de la variación en los datos y todas las variables son significativas y tienen los signos esperados. La presencia de artefactos y equipos aumenta el consumo de electricidad en el hogar, al igual que un mayor número de personas y una mayor cantidad de piezas y baños. Por otro lado, hogares en viviendas con mejor aislamiento consumen menos energía eléctrica. El efecto, tal como se esperaría, es menor en magnitud al impacto de las otras variables ya que se limita principalmente al consumo de energía asociado a calefacción.

En términos de magnitud de los efectos, un aumento en una persona en el número de habitantes promedio en el hogar aumenta un 7.6% la demanda de electricidad; tener refrigerador aumenta el consumo promedio de electricidad en 32.9%, tener computador en un 19.8%, tener lavadora en 11.5% y tener calefont en 6.5%, todo lo demás constante. Viviendas con un dormitorio o baño adicional tienen en promedio un consumo 6.5% mayor y tener aislamiento térmico lo reduce en - 2.7%. Por último, un hogar que tiene consumo comercial aumenta su demanda en 38% respecto a los hogares que sólo tienen consumo residencial.

A partir de los parámetros estimados se calculan las elasticidades precio e ingreso, evaluadas en la media y en la mediana de las respectivas variables (precio de la energía eléctrica, precio del gas licuado e ingreso). Los intervalos de confianza de cada elasticidad se obtienen utilizando el método delta. Las elasticidades estimadas se muestran en la Tabla 10.

[ Tabla 10 acá ]

La elasticidad precio de la demanda de electricidad residencial en Chile se estima consistentemente en un rango entre -0.36 y -0.43. Los estimadores punto de la elasticidad están obviamente en un rango más acotado, entre -0.38 y -0.4.<sup>19</sup> Este resultado es similar a otros resultados empíricos en la literatura, en particular, la magnitud es muy cercana a la obtenida por Benavente et al (2005a) y Marshall (2010) para Chile (-0.39), Reiss y White (2005) para California (-0.39) y Halvorsen y Larsen (2001) para Noruega (-0.44). Sin embargo, para Chile el resultado de Acuña (2008) muestra una elasticidad precio muy superior, también a partir de encuestas de hogares, por lo que sería relevante poder explicar el origen de la diferencia. Una explicación plausible, es que en dicho trabajo se haya calculado el precio medio del KWh sin deducir el cargo fijo que pagaron los hogares (o deduciendo un mismo cargo fijo promedio para todos los hogares en el país), lo cual llevaría a sobrestimar la elasticidad

<sup>19</sup> Considerando el precio implícito de la electricidad obtenido de la CASEN el precio promedio es 131.6 \$/KWh, mientras que el precio en la mediana es 94.73 \$/KWh. Este último es cercano al precio explícito promedio obtenido de datos de la CNE (91.04 \$/KWh).

precio.

La elasticidad ingreso estimada es de 0.11 con intervalos de confianza en un rango entre 0.10 y 0.13. Una demanda bastante inelástica al ingreso como la estimada es coincidente con los principales resultados en la literatura económica. Reiss y White (2005) estiman una demanda completamente inelástica al ingreso para California, Parti y Parti (1980) estiman una elasticidad ingreso de 0.15 para San Diego, Halvorsen y Larsen (2001) una entre 0.06 y 0.13 para Noruega y García-Cerruti (2000) una de 0.15 para California. En el caso de Chile, estimaciones previas muestran una elasticidad ingreso mayor, en torno a 0.2 por Benavente et al (2005a) y Acuña (2008) y entre 0.5 y 0.8 por Marshall (2010). Hay que notar que en varios de estos trabajos chilenos no se controla por la existencia de bienes durables en el hogar, lo que les sesgaría la elasticidad ingreso estimada al alza.

En el caso de la elasticidad precio cruzada entre energía eléctrica y gas licuado la estimación refleja un cierto grado de sustitución entre ambas fuentes de energía. En promedio, un aumento de 1% en el precio del gas licuado está asociado a un aumento en la demanda por energía eléctrica de 0.16%, todo lo demás constante. El intervalo de confianza de la elasticidad precio cruzada es un poco mayor que el caso de las otras elasticidades estimadas, con un rango entre 0.09 y 0.21. Nuevamente este resultado es similar al encontrado por Benavente et al (2005a) para Chile y cercano al resultado promedio en la literatura de 0.18 para la elasticidad respecto al gas natural (Dahl, 1993). Sin embargo, en el único otro resultado específico para gas licuado en la literatura económica, Dubin y McFadden (1984) estiman un grado de sustitución mayor, con una elasticidad cruzada de 0.39 para hogares en Estados Unidos.

Finalmente, es importante señalar que la interpretación de los resultados obtenidos en la estimación de la demanda por electricidad residencial en Chile correspondería a elasticidades de largo plazo, ya que se utilizan datos de corte transversal donde la identificación proviene de diferencias en el consumo de electricidad entre hogares en situación de equilibrio.

## 5 Conclusiones

El tema energético tiene cada vez más relevancia en las distintas economías en el mundo, en particular existe preocupación por el fuerte crecimiento de la demanda respecto a la oferta de energía. Chile no escapa de esta tendencia y tanto políticas de eficiencia energética como de manejo de demanda frente a déficits de energía han cobrado relevancia. La implementación y diseño de este tipo de políticas requiere, sin embargo, un mayor conocimiento del comportamiento de los agentes económicos en su consumo de energía. En particular, se requiere evidencia robusta respecto a las magnitudes de las elasticidades precio e ingreso de la demanda por energía eléctrica.

En este contexto, se estima una elasticidad precio del consumo residencial de energía

eléctrica utilizando información desagregada por hogar en Chile para el año 2006. Los resultados obtenidos permiten concluir en forma robusta que los consumidores sí modifican su consumo de electricidad en respuesta a cambios en los precios que enfrentan. La magnitud de este efecto se estima consistentemente entre -0.38 y -0.4, similar al estimado para Chile por Benavente et al (2005a) y para California por Reiss y White (2005). Si bien la demanda es relativamente inelástica al precio, no es completamente inelástica y a través de cambios en el precio es posible generar cambios importantes en el consumo que reduzcan los riesgos de cortes de energía en situaciones de déficit.

Adicionalmente, los resultados muestran que existe algún grado de sustitución entre las distintas alternativas energéticas al interior de los hogares. La elasticidad precio del consumo de electricidad respecto al precio del gas licuado se estima entre 0.14 y 0.16. La precisión de la estimación, con un intervalo de confianza entre 0.09 y 0.21, es menor que para la elasticidad respecto al precio de la electricidad. Sin embargo, es informativo para el diseño correcto de potenciales políticas de manejo de demanda saber que el patrón de sustitución en el consumo de electricidad ante un cambio en el precio se produce no sólo por cambios en el consumo de electricidad, sino que además por sustitución hacia otras fuentes de energía.

Por último, conocer con precisión la magnitud de las elasticidades precio de la demanda por electricidad permite también una estimación correcta de los efectos, en eficiencia y en recaudación, que tendría la implementación de impuestos que incorporen las potenciales externalidades negativas del consumo de energía en el cambio climático (Azevedo, et al, 2011).

En investigaciones futuras, sería relevante para Chile extender el análisis empírico de este trabajo para identificar el cambio en la demanda residencial entre horas punta y no punta, ya que el comportamiento en algunos períodos de tiempo (a lo largo del día o en algunos meses del año) puede ser más inelástico que el estimado. Dicho análisis requiere contar con datos de panel a nivel de hogares que por el momento no se encuentran disponibles para Chile.

## References

- [1] Acuña, H. (2008): "¿Cambia el Consumo Eléctrico de los Hogares cuando Cambia el Precio? Sugerencias para el diseño de un subsidio", Documento No 2, Departamento de Estudios División Social, Ministerio de Planificación, Chile.
- [2] Albadi M.H. y El-Saadany, E.F. (2008): "A Summary of Demand Response in Electricity Markets", *Electric Power Systems Research* 78(11):1989-1996.
- [3] Anderson, K. (1973): "Residential Energy Use: An Econometric Analysis", Rand Corporation (R-1297-NSF).



- [4] Azevedo, I.M., Morgan, M.G. y Lave, L. (2011), "Residential and Regional Electricity Consumption in the U.S. and E.U.: How Much Will Higher Prices Reduce CO2 Emissions?", *Electricity Journal* 24(1):21-29
- [5] Bartels, R. y Fiebig, D. (2000): "Residential End-Use Electricity Demand Results from a Designed Experiment", *The Energy Journal* 21(2):51-81.
- [6] Benavente, J., Galetovic, A., Sanhueza, R. y Serra P. (2005): "El Costo de la Falla Residencial en Chile: Una Estimación Usando la Curva de Demanda", *Revista de Análisis Económico* 20(2): 23-40.
- [7] Benavente, J., Galetovic, A., Sanhueza, R. y Serra P. (2005a): "Estimando la Demanda Residencial por Electricidad en Chile: El Consumo es Sensible al Precio", *Cuadernos de Economía* 42: 31-61.
- [8] Berndt, E. y Samaniego, R. (1984): "Residential Electricity Demand in Mexico: A Model Distinguishing Access from Consumption", *Land Economics* 60(3): 268-277.
- [9] Chumacero, R., Paredes, R. y Sánchez, M. (2000): "Regulación para Crisis de Abastecimiento: Lecciones del Racionamiento Eléctrico en Chile", *Cuadernos de Economía* 37: 323-338.
- [10] Comisión Nacional de Energía (1986): "Demanda de Electricidad en Chile", mimeo.
- [11] Comisión Nacional de Energía (2006): "La Regulación del Segmento Distribución en Chile", Documento de trabajo.
- [12] Dahl, C. (1993): "A Survey of Energy Demand Elasticities in Support of the Development of the NEMS", Departamento de Energía, Estados Unidos.
- [13] Deaton, A. y Muellbauer, J. (1980): "An Almost Ideal Demand System", *American Economic Review* 70(3): 312-326.
- [14] Díaz, C., Galetovic, A., Soto, R. (2000) "Anatomía de una Crisis Eléctrica", *Revista de Análisis Económico* 16(1): 3-57.
- [15] Díaz, C., Galetovic, A., Soto, R. (2000) "La Crisis Eléctrica de 1998-1999: Causas, Consecuencias y Lecciones", *Estudios Públicos*, 80: 149-192.
- [16] Dubin, A. y McFadden D. (1984): "An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption", *Econometrica* 52(2): 345-362.
- [17] Fernández, L. (2006): "Análisis Microeconómico de la Demanda Eléctrica Residencial de Corto Plazo en España", Universitat de Barcelona, Working Paper 2006-014, Asociación Española para la Economía Energética.

- [18] Filippini, M. y Pachauri, S. (2002): “Elasticities of Electricity Demand in Urban Indian Households”, Working Paper No.16, Centre for Energy Policy and Economics, Swiss Federal Institutes of Technology.
- [19] Fisher, F.M. y Kaysen, C. (1962), **A Study in Econometrics: The Demand for Electricity in the United States**, Amsterdam: North Holland Publishing Co.
- [20] Galetovic, A., Inostroza, J.R. y Muñoz, C. (2004): “Gas y Electricidad: Qué Hacer Ahora?”, *Estudios Públicos*, 96: 49-106.
- [21] García-Cerrutti, L. (2000): “Estimating Elasticities of Residential Energy Demand from Panel Country Data Using Dynamic Random Models with Heteroskedastic and Correlated Errors Terms”, *Resource and Energy Economics* 22(4): 355-366.
- [22] Halvorsen, B. y Larsen, B. (2001): “The Flexibility of Household Electricity Demand Over Time”, *Resource and Energy Economics* 23: 1-18.
- [23] Halvorsen, B., Larsen, B. y Nesbakken, R. (2003): “Possibility for Hedging from Price Increases in Residential Energy Demand”, Discussion Paper No 347, Statistics Norway, Research Department.
- [24] Houthakker, H. (1951): “Some Calculations of Electricity Consumption in Great Britain”, *Journal of the Royal Statistical Society (A)* 114(Part III): 351-371.
- [25] Marshall, D. (2010), "El Consumo Eléctrico Residencial en Chile en 2008", *Cuadernos de Economía* 47: 57-89.
- [26] MIDEPLAN, División Social, CASEN en [www.mideplan.cl/casen](http://www.mideplan.cl/casen)
- [27] Parti, M. y Parti, C. (1980): “The Total and Appliance-Specific Conditional Demand for Electricity in the Household Sector”, *Bell Journal of Economics* 11(1): 309-321.
- [28] Reiss, P. y White, M. (2005): “Household Electricity Demand, Revisited”, *Review of Economic Studies* 72: 853-883.
- [29] Serra, P. (2002): “Regulación del Sector Eléctrico Chileno”, *Perspectivas* 6(1): 11 -43.
- [30] Sweeney, J. (1984): “The Response of Energy Demand to Higher Prices: What Have We Learned”, *American Economic Review* 74(2): 31-37.
- [31] Taylor, L. (1975): “The Demand for Electricity: A Survey”, *Bell Journal of Economics and Management Science* 6(1): 74-110.
- [32] Taylor, L. (1977): “The Demand for Energy: A Survey of Price and Income Elasticities”, en W.D. Nordhaus (ed.) **International Studies of the Demand for Energy**, North Holland, Amsterdam.

- [33] Wills, J. (1981): "Residential Demand for Electricity", *Energy Economics* 3(4): 249-255.
- [34] Yoo, S-H., Lee J.L., Kwak, S-J. (2007): "Estimation of Residential Electricity Demand Function in Seoul by Correction for Sample Selection Bias", *Energy Policy* 35(11):5702-5707.
- [35] Zarnikau, J. (2003): "Functional Forms in Energy Demand Modeling", *Energy Economics* 25(6): 603-613.
- [36] Zellner, A. (1962): "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression and Tests for Aggregation Bias", *Journal of the American Statistical Association* 57 348-368.

## Anexo. Características del Mercado Eléctrico Chileno

El mercado eléctrico está compuesto por las actividades de generación, transmisión y distribución de electricidad. Estas actividades son realizadas en su totalidad por empresas privadas (a diferencia de lo que ocurre en otros países) y dentro de un complejo marco regulatorio, compuesto por leyes, reglamentos y normas que regulan la producción, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica, así como la provisión de servicios complementarios y asociados.<sup>20</sup>

El principal organismo regulador en este mercado es la Comisión Nacional de Energía (CNE), quién está a cargo de la regulación de precios. Hasta el año 2010 cumplió además con elaborar la política y promover los cambios legales y normativos del sector, tarea que están actualmente en manos del recientemente creado Ministerio de Energía. La fiscalización está a cargo de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), agencia supervisora independiente que reporta directamente al Presidente de la República.

El segmento de generación está formado por centrales generadoras interconectadas al sistema eléctrico, siendo poco más de 30 las empresas en actividad. Las empresas operan en condiciones de libre competencia y territorialmente se conformaron cuatro sistemas eléctricos a lo largo del país. El Sistema Interconectado Central (SIC) concentra la mayor capacidad instalada (cerca del 70% del total) y abastece al 93% de la población. En segundo lugar el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) con cerca del 30% de la capacidad instalada nacional y luego dos subsistemas menores en Aysén y en Magallanes con menos del 1% restante de la capacidad instalada en el país.

En la transmisión operan 5 empresas. El marco regulatorio establece que su operación debe realizarse en condiciones de acceso abierto y no discriminatorio, contra el pago de peajes por el servicio de transporte de energía y potencia (CNE, 2006).

Las empresas de generación y transmisión ubicadas en una misma zona se interconectan a través de un Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC), existiendo uno en el SIC y otro en el SING. El CDEC es el encargado de coordinar y planificar la operación del sistema y preservar la seguridad del abastecimiento, teniendo entre sus responsabilidades la determinación del precio spot al cual se valoran las transferencias entre generadores.

Por último se encuentra el segmento de la distribución, donde operan en torno a 30 empresas a lo largo de todo el país. La actividad de distribución involucra el transporte de potencia y energía eléctrica a niveles de voltaje de 23 KV o menos y se encarga de proveer energía a consumidores con una potencia conectada inferior o igual a 2.000KW.

---

<sup>20</sup>Los principales cuerpos normativos según CNE (2006) son: Ley General de Servicios Eléctricos (Decreto con Fuerza de Ley N° 1 de 1982, del Ministerio de Minería), que establece las disposiciones fundamentales para el desarrollo de la actividad económica en esta industria; la Ley N° 2.224 de 1978, del Ministerio de Minería, que crea la Comisión Nacional de Energía, la Ley N° 18.410 de 1985, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que norma las atribuciones y responsabilidades de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Una excepción la constituyen los clientes que contraten condiciones especiales de suministro o que con una potencia conectada entre 500 y 2.000KW hayan optado por un régimen de contrato libre, en cuyo caso pueden optar por comprar directamente de las generadoras, teniendo que pagar un peaje a la distribuidora, peaje que también está regulado (CNE, 2006).

En los organismos reguladores se entiende que este segmento tiene características de monopolio natural, por lo cual se regulan las condiciones de explotación (tanto los precios como la calidad del servicio). Así, las empresas de distribución operan bajo un régimen de concesión de servicio público, con obligación de servicio y con tarifas reguladas para el suministro a clientes regulados.

Dado que la mayor parte del consumo residencial se realiza dentro del marco de tarifas reguladas, se presentan a continuación algunos aspectos relativos a la regulación de precios en el mercado eléctrico. De acuerdo a la CNE, la premisa de la legislación vigente es que las tarifas deben representar los costos reales de generación, transmisión y distribución, entregando así las señales adecuadas a los agentes, con el objetivo de lograr un desarrollo óptimo de los sistemas eléctricos.

Se pueden distinguir tres mercados que interactúan en el sistema eléctrico: i) el mercado de intercambio instantáneo donde los generadores transan energía y potencia al precio spot, ii) el mercado regulado, donde las distribuidoras compran por medio de contratos de mediano y largo plazo al precio de nudo, fijado cada seis meses por la CNE, iii) el mercado libre, donde los grandes usuarios contratan directamente con generadores o distribuidores, sin regulación de calidad de suministro o precios.

El primer precio sobre el cual (a través de diversos pasos) se construye la tarifa que se cobra a los usuarios es el precio spot, que es determinado por el CDEC. Para asegurar que el sistema eléctrico opere al mínimo costo, el CDEC despacha las centrales en orden de menor a mayor según su costo de operación. Estas órdenes son obligatorias e independientes de los contratos de comercialización de las empresas, por lo que son frecuentes las transferencias entre generadoras, que se valoran al costo marginal instantáneo del sistema. Las centrales de menor costo son las hidráulicas de pasada y si la cantidad producida por éstas no es suficiente entran en funcionamiento las térmicas (en orden ascendente según su costo). La cantidad óptima estimada en cada momento depende del nivel de demanda y de la cantidad generada con agua embalsada, obligando la ley a usar una cantidad que permita servir la demanda al mínimo costo esperado de abastecimiento y falla.<sup>21</sup>

En el mercado regulado se busca suavizar las variaciones del precio spot, y las distribuidoras compran energía a los generadores. Hasta el año 2006 lo hicieron al precio de

---

<sup>21</sup> La cantidad óptima la calcula el CDEC. El costo marginal del sistema es igual al costo de oportunidad del agua embalsada. En condiciones de abastecimiento normales, el costo de oportunidad del agua coincide (no estrictamente) con el costo de operación de la central térmica más cara en operación (Galetovic et al, 2004).

nudo, el cual es fijado cada seis meses por la CNE (en abril y octubre de cada año). El precio de nudo corresponde al promedio de los precios spot esperados para los siguientes 16 trimestres, incluyendo los costos de falla de energía en casos en que el modelo prediga racionamiento.<sup>22</sup> Desde el año 2006 en adelante los nuevos contratos con distribuidoras fijan los precios a clientes regulados en licitaciones de bloques de energía con que se abastecen las distribuidoras, quedando el precio nudo como uno que limita por arriba el precio de esas licitaciones (ajustado a un techo máximo de 30% por sobre ese precio nudo).

Los usuarios finales con una potencia conectada inferior o igual a 500KW y los que con una potencia contratada entre 500 y 2000KW no hayan optado por un régimen de contrato libre, participan del mercado con precios regulados. Las distribuidoras compran la energía a ese precio, al cual se le agrega el valor agregado de distribución (VAD) y un cargo fijo por uso del sistema troncal de transmisión, determinándose con estos tres componentes el precio al que se enfrentan los usuarios de su zona de distribución. Esta tarifa por zona determina que los hogares se enfrenten a precios diferentes por distribuidora y comuna, lo que se explotó para identificar el impacto del precio en la demanda.

Por su parte, el VAD es fijado cada cuatro años y busca remunerar el servicio prestado por las empresas de distribución, utilizando un modelo de empresa eficiente. El componente de mayor peso en la tarifa final de un cliente residencial es el precio regulado de la energía (cerca del 80%), siendo el VAD el segundo factor de importancia.

Dentro del esquema de precios regulados, la mayoría de los usuarios residenciales utilizaron la tarifa BT-1, la cual es un precio uniforme por KWh que no distingue entre energía y potencia (en 2004 alrededor de 4.5 millones de clientes, un 23% del total vendido en el SIC). Al analizar la evolución de estas tarifas durante la década de los noventa, bajo el supuesto de una demanda que reacciona ante cambios en los precios, no debería sorprender el fuerte aumento que se observó en la demanda residencial de energía, ya que el precio monómico (equivalente al precio de la potencia más el precio de la energía) cayó cerca de un 70% en el SING y un 50% en el SIC, entre abril de 1990 y abril del 2000 (Gráfico N° 1).

[ Gráfico 1 acá ]

En el consumo final nacional de energía eléctrica los principales demandantes han sido la industria y la minería, que en conjunto consumen 2/3 del total de electricidad. En el año 2006 el consumo residencial superó lo 8.500 GWh, representando el 16.2% del total y fue el tercer demandante de electricidad, superando el consumo de los sectores comercial y público (14.2%), energético (3.9%) y transporte (0.6%).<sup>23</sup>

<sup>22</sup>La CNE calcula el precio de nudo de la energía con un modelo de programación dinámica dual estocástica, multinodal y multiembalse OSE 2000.

<sup>23</sup>El consumo final excluye el consumo de los centros de transformación. El consumo residencial es el principal demandante en el mercado del gas licuado (74.1%), leña (69.1%) y kerosene (63.4%), mientras que la participación del consumo residencial en gas natural fue 21.8%. Datos del Balance Nacional de Energía

Por otra parte, al interior del segmento distribución el peso del consumo residencial supera el 30% de las ventas de las distribuidoras. Como se estableció anteriormente, las ventas de las distribuidoras han mostrado una tendencia creciente sostenida, tanto en la cantidad de energía vendida como en el número de clientes. Entre 1990 y el año 2007 las ventas de energía eléctrica de las distribuidoras se incrementaron a una tasa promedio anual de 7%, y el número de clientes lo hizo al 5%, estimándose para el año 2007 ventas por 28.000 GWh a 5 millones de clientes.

Debido a que las ventas totales incluyen las ventas a clientes libres, clientes regulados y a otras distribuidoras no es posible concluir directamente que haya aumentado el consumo por cliente. Sin embargo, dado que los clientes libres abastecidos por las distribuidoras son alrededor de 500, en un total cercano a los 5 millones, podría pensarse que existe cierta tendencia a incrementos del consumo por cliente, en el cual los hogares parecen haber seguido la tendencia (Gráfico N° 2).

[ Gráfico 2 acá ]

De hecho, al interior del sector residencial, el energético con mayor impacto considerando las calorías consumidas fue la leña, que representó en los últimos años alrededor del 60% del total de calorías consumidas en el hogar. Sin embargo, el consumo de energía eléctrica ha representado un porcentaje cada vez mayor de la demanda de energía residencial. En 1997 la electricidad representaba el 10% del consumo de energía de los hogares. Durante los años siguientes esta participación aumentó sostenidamente y en el año 2007 fue cercana al 15% (Gráfico N° 3).

[ Gráfico 3 acá ]

---

2006.

Tabla 1: Información de la Encuesta

Información de energía disponible en la CASEN 2006

Energía	Variables	Concepto
Electricidad	V7A	Disponibilidad de energía eléctrica en el hogar
	V7B_MES	Mes de la última boleta disponible
	V7B_KWH	Consumo de energía eléctrica del hogar en el mes en KWh, según última boleta disponible.
	V7B_MON	Monto que paga por mes. Valor de consumo en la boleta, excluyendo cualquier cargo que no sea pago por el servicio del mes. Si no dispone de boleta se anota el valor estimado por el encuestado.
	V7C	Utilización de electricidad más de 40 horas al mes al interior del hogar para uso comercial (no iluminación). Dummy: Si - No.
Gas Licuado	V30	Utilización de gas licuado en el hogar en el último año. Dummy: Si - No.
	V30A	Consumo promedio mensual en kilos de gas licuado, según estimación del encuestado. Fotos con distintos cilindros (5, 11, 15 y 45 kilos) para poder consignar el consumo promedio mensual del hogar.
Gas de Cañería o Red	V31	Consumo de algún tipo de gas por cañería (gas natural, gas de ciudad, gas licuado por cañería, no tiene conexión).
	V32A	Mes de la última boleta disponible
	V32B_M3	Consumo de gas de cañería mensual en m3, según última boleta disponible
	V32B_LTR	Consumo de gas de cañería mensual en lts, según última boleta disponible
	V32C	Monto que paga por mes. Valor de consumo en la boleta, excluyendo cualquier cargo que no sea pago por el servicio del mes. Si no dispone de boleta se anota el valor estimado por el encuestado.
Leña	V29	Utilización de leña en el hogar en el último año, cualquiera sea la procedencia de la misma. Dummy: Si - No.
	V29A	Kilos de leña consumidos durante el año en el hogar. Estimación del encuestado. Se presenta planilla con fotos y se convierten las unidades más frecuentes (m <sup>3</sup> , canasto, carretilla, triciclo, etc.) a kilos

Fuente: Elaborado en base al Manual de Trabajo de Campo, CASEN 2006.



**Tabla 2: Disponibilidad de Energía Eléctrica**

v7a: La vivienda donde Ud vive, ¿dispone de energía eléctrica?	Información sobre Kwh	
	# Hogares	%
Sí, de la red pública con medidor propio	64,720	87.79%
Sí, de la red pública con medidor compartido	5,213	7.07%
<i>Sub-total</i>	<i>69,933</i>	<i>95%</i>
Sí, de la red pública sin medidor	996	1.35%
Sí, de un generador propio o comunitario	893	1.21%
Sí, a través de placa solar	237	0.32%
Sí, de otra fuente	148	0.20%
No dispone de energía eléctrica	1,500	2.03%
Sin dato	13	0.02%
<b>Total</b>	<b>73,720</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: CASEN 2006.

**Tabla 3: Fuentes Energéticas Utilizadas en los Hogares**

(número de hogares)

	Electricidad	Gas Licuado			Gas de cañería			Leña		
		Si	No	N/D	Si	No	N/D	Si	No	N/D
Sí, de la red pública con medidor propio	64,720	56,838	7,872	10	3,098	61,602	20	38,826	25,881	13
Sí, de la red pública con medidor compartido	5,213	4,424	789		63	5,149	1	3,297	1,915	1
	<b>69,933</b>	<b>61,262</b>	<b>8,661</b>	<b>10</b>	<b>3,161</b>	<b>66,751</b>	<b>21</b>	<b>42,123</b>	<b>27,796</b>	<b>14</b>
		<b>87.6%</b>	<b>12.4%</b>	<b>0.0%</b>	<b>4.5%</b>	<b>95.4%</b>	<b>0.0%</b>	<b>60.2%</b>	<b>39.7%</b>	<b>0.0%</b>
Sí, de la red pública sin medidor	996	729	266	1	36	958	2	738	257	1
Sí, de un generador propio o comunitario	893	665	227	1	42	850	1	722	171	
Sí, a través de placa solar	237	161	76		2	235		221	16	
Sí, de otra fuente	148	95	53		16	132		107	41	
No dispone de energía eléctrica	1,500	661	839		3	1,497		1,374	126	
Sin dato	13	8	3	2		13		9	2	2
	<b>3,787</b>	<b>2,319</b>	<b>1,464</b>	<b>4</b>	<b>99</b>	<b>3,685</b>	<b>3</b>	<b>3,171</b>	<b>613</b>	<b>3</b>
		<b>61%</b>	<b>39%</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>97%</b>	<b>0%</b>	<b>84%</b>	<b>16%</b>	<b>0%</b>
<b>Total</b>	<b>73,720</b>	<b>63,581</b>	<b>10,125</b>	<b>14</b>	<b>3,260</b>	<b>70,436</b>	<b>24</b>	<b>45,294</b>	<b>28,409</b>	<b>17</b>
		<b>86.2%</b>	<b>13.7%</b>	<b>0.0%</b>	<b>4.4%</b>	<b>95.5%</b>	<b>0.0%</b>	<b>61.4%</b>	<b>38.5%</b>	<b>0.0%</b>

Fuente: CASEN 2006

**Tabla 4: Hogares con Información de Consumo de Electricidad**  
(fuentes energéticas utilizadas)

	Gas licuado		Leña		Gas por cañería	
Si	30,280	88.9%	21,923	64.3%	1,433	4.2%
No	3,790	11.1%	12,145	35.6%	32,632	95.8%
N/D	2	0.0%	4	0.0%	7	0.0%
<b>Total</b>	<b>34,072</b>	<b>100.0%</b>	<b>34,072</b>	<b>100.0%</b>	<b>34,072</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: CASEN 2006

**Tabla 5: Estadísticos del Consumo de Energía Residencial**  
(sólo hogares utilizados en las estimaciones, N=32.355)

Variable	N	Media	Std. Dev.	Min	Max
Electricidad (KWh/mes)	32,355	129.27	90.88	6	699
Gas licuado (K/mes)	28,722	15.63	13.21	1	200
Gas cañería (m3/mes)	982	125.25	170.14	1	977
Kilos leña (Anual)	20,797	5,632.59	7,626.82	3	94,000
<b>\$/mes</b>					
Electricidad	32,355	13,703	9,786	921	213,874
Gas cañería	1,299	20,626	15,587	651	141,530
- Gas natural	877	20,374	14,610	651	135,862

Fuente: Elaborado por los autores basados en CASEN 2006.

**Tabla 6: Precios de la Electricidad (\$/KWh)**

N	Valores únicos	Media	Std. Dev.	Min	Max
<i>Precio Implícito (\$/KWh)</i>					
32.355	27.461	113,597	115,362	0,195	4.761,166
<i>Precio Explícito</i>					
(\$/KWH)	61	91,041	15,706	68,581	131,926
Cargo Fijo	48	955,427	205,729	542,320	1.362,220

Fuente: Elaborado por los autores basados en CASEN 2006 y en CNE.

**Tabla 7: Precio del Gas Licuado en Cilindros (\$/kg)**

Región	Cilindros			
	5 kg	11 kg	15 kg	45 kg
I	970.0	814.8*	806.9	758.3
II	980.0	823.2*	805.7	757.0
III	906.8	777.9	772.3	748.1
IV	889.2	736.6	742.2	720.9
V	884.0	764.4	728.0	709.6
VI	852.2	741.5	690.6	707.1
VII	867.6	713.3	708.2	695.0
VIII	879.6	756.4	713.3	696.9
IX	888.0	757.3	726.3	706.0
X	862.6	749.4	715.1	705.7
XI	1,017.6	750.0	818.0	777.1
XII	933.4	787.9	700.0	703.7
RM	894.4	721.0	702.0	687.2

\* Se imputa precio promedio resto del país expandido por razón en otros cilindros.

Fuente: CNE en base a datos Encuesta SERNAC, CASEN. Datos octubre 2006.

**Tabla 8: Estadísticas Descriptivas**

<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<i>Q Consumido (Kwh)</i>	129,27	90,88	6	699
<i>Ingreso promedio del hogar</i>	459.083	660.663	486	36.455.920
<i>Numero de personas en el hogar</i>	3,70	1,71	1	16
<i>Número de dormitorios y baños</i>	3,58	1,30	1	16
<i>Lavadora</i>	0,55	0,50	0	1
<i>Refrigerador</i>	0,86	0,35	0	1
<i>Calefont</i>	0,47	0,50	0	1
<i>Computador</i>	0,21	0,41	0	1
<i>Urbano</i>	0,67	0,47	0	1
<i>Comercio</i>	0,06	0,24	0	1
<i>Matbien</i>	0,61	0,49	0	1
<i>Leña</i>	0,65	0,48	0	1
<i>Gascan</i>	0,04	0,20	0	1

**Tabla 9: Resultados**

Variable Dependiente: lnQ		
Variab Independientes	Dummy Gas de Cañería	Sesgo Selección
lnPelectricidad	- 1,410 * (0.102)	- 1,391 * (0.100)
lny	0,109 * (0.005)	0,116 * (0.005)
gama	2,863 * (0.518)	2,957 * (0.557)
delta	2,707 * (0.431)	2,781 * (0.462)
comercio	0,330 * (0.014)	0,326 * (0.014)
leña	0,036 * (0.009)	0,026 * (0.009)
numper	0,075 * (0.002)	0,073 * (0.002)
dormban	0,061 * (0.003)	0,063 * (0.003)
matbien	- 0,029 * (0.007)	- 0,027 * (0.007)
lavadora	0,110 * (0.007)	0,109 * (0.007)
refrigerador	0,288 * (0.012)	0,285 * (0.012)
calefont	0,059 * (0.008)	0,063 * (0.008)
computador	0,167 * (0.008)	0,181 * (0.008)
urbano	0,033 * (0.008)	0,034 * (0.008)
gascan	0,049 * (0.016)	-
lambda	-	0,423 * (0.069)
bo	3,733 * (0.116)	3,321 * (0.136)
Dummies Regionales	Si	Si
N	32.355	32.355
R <sup>2</sup>	0,3831	0,3835

Errores estándares asintóticos entre paréntesis

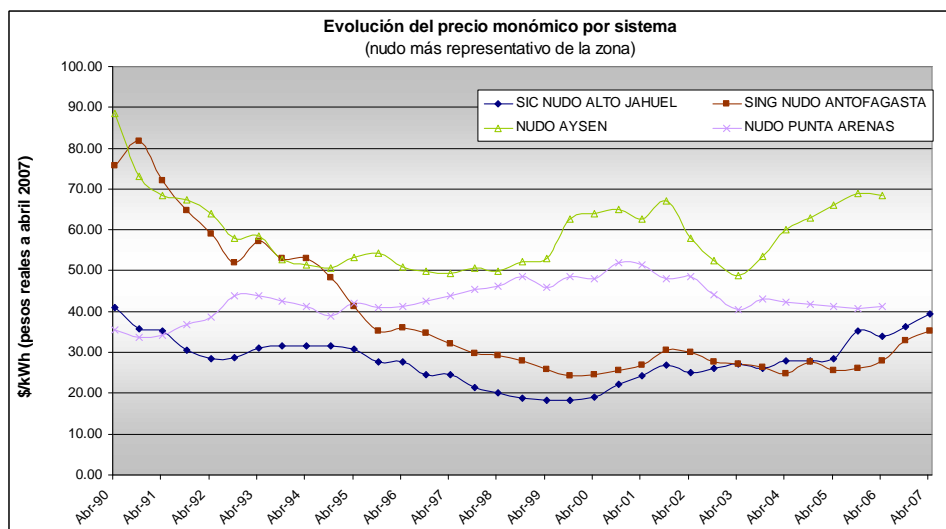
\* : Significativos al 1%

Tabla 10: Elasticidades Precio e Ingreso para los Hogares

Elasticidades	Dummy gas de cañería		Sesgo de selección	
	Valuada en la media	Valuada en la mediana	Valuada en la media	Valuada en la mediana
Precio	-0.403 (-0.43:-0.38)	-0.381 (-0.40:-0.36)	-0.407 (-0.43:-0.38)	-0.384 (-0.41:-0.36)
Ingreso	0.109 (0.10:0.12)	-	0.116 (0.11:0.13)	-
Precio gas licuado	0.157 (0.11:0.21)	0.136 (0.09:0.18)	0.162 (0.11:0.21)	0.141 (0.09:0.19)

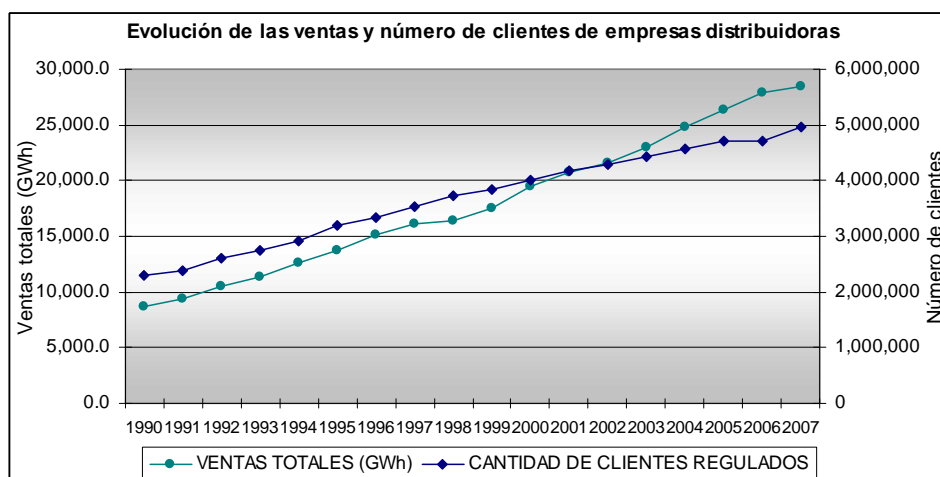
En paréntesis intervalo de confianza al 95%.

Gráfico N° 1: Precio de la Energía



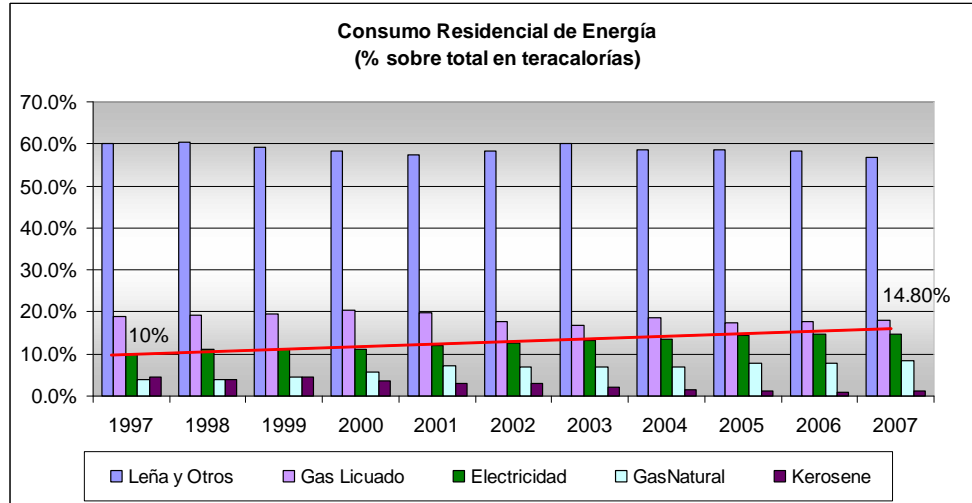
Fuente: Elaborado por los autores en base a CNE.

Gráfico N° 2: Demanda y Clientes de Distribución



Fuente: Elaborado por los autores en base a CNE.

Gráfico N° 3: Consumo de Energía en Hogares



Fuente: Elaborado por los autores en base al Balance Nacional de Energía 1997-2006, CNE.