



Instituto de Economía

Facultad de Ciencias Económicas y de Administración
Universidad de la República - Uruguay

DETERMINANTES DEL CONSUMO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SECTOR
RESIDENCIAL EN URUGUAY

Paula Laureiro

INSTITUTO DE ECONOMÍA

Agosto, 2018

Serie Documentos de Investigación Estudiantil DIE 05/18

ISSN: 2301-1963 (en línea)

Agradezco de manera especial a mis tutores, Carolina Román y Beno Ruchansky, que han sido parte fundamental de este proceso con aportes continuos que han logrado encauzar mis ideas y acciones en la concreción de este trabajo.

A mi familia y amigos que han sido un apoyo incondicional y fundamental durante esta etapa.

A mis compañeros de trabajo, en particular Jorge Molinari y Jorge Carames, por haber hecho comentarios durante el proceso de elaboración de este trabajo y por su ayuda en el tratamiento de algunas variables incluidas en el análisis. Asimismo, agradezco a la Gerencia Comercial de la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) por proporcionarme la fuente de datos y responder dudas respecto a los mismos.

Finalmente quisiera agradecer a colegas y docentes por las instancias de intercambio que permitieron despejar dudas y encontrar caminos alternativos para la solución de los distintos problemas que fueron apareciendo en el proceso. En particular a Andrea Vigorito, Carlos Bianchi, Reto Bertoni, Matías Brum, Bibiana Lanzilotta, Sebastián Fleitas y Joan Villa.

Todos los errores u omisiones son mi entera responsabilidad.

Forma de citación sugerida para este documento: Laureiro, Paula (2018). "Determinantes del consumo de energía eléctrica del sector residencial en Uruguay". Serie Documentos de investigación estudiantil, DIE 05/18. Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República, Uruguay.

DETERMINANTES DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SECTOR RESIDENCIAL EN URUGUAY

Paula Laureiro*

Resumen

Este trabajo busca profundizar en los determinantes de la demanda de energía eléctrica residencial en Uruguay. Utilizando modelos de demanda ampliados, analiza el efecto sobre el consumo de energía eléctrica de los hogares uruguayos del ingreso per cápita, la composición del hogar, las características de la vivienda, el equipamiento y la participación relativa de seis usos energéticos. Con este fin, se emplean los microdatos de la Encuesta de Demanda y Uso de la Energía Eléctrica del Sector Residencial Urbano realizada para Uruguay en el año 2015. El efecto de los determinantes se estima por MCO para la media de consumo y se comparan estos resultados con los que surgen de la estimación para tres niveles socioeconómicos -bajo, medio y alto-. Asimismo, se estudia su efecto a lo largo de la distribución del consumo a partir del método de regresiones cuantílicas.

Los resultados indican el impacto significativo del ingreso per cápita, la composición del hogar, las características de la vivienda y la tenencia de aire acondicionado y calefón como determinantes del consumo de energía eléctrica residencial. En lo que refiere a la participación relativa de los usos energéticos, se observa que los asociados al confort térmico, en particular calefacción, junto con cocción de alimentos, son los que muestran mayor impacto. El efecto de los determinantes evaluados varía dependiendo del nivel socioeconómico del hogar y de su ubicación en la distribución del consumo de energía eléctrica. En particular, en los hogares de menor consumo de energía eléctrica tienen mayor impacto las variables relativas a la composición del hogar, en tanto, las variables asociadas a la vivienda y al uso energético calefacción muestran un mayor efecto sobre los hogares de alto consumo.

Este es el primer trabajo en Uruguay que evalúa la demanda de energía eléctrica a lo largo de toda la distribución del consumo a partir del método de regresiones cuantílicas. La existencia de diferencias entre los cuantiles de consumo señala las oportunidades que genera el uso de este método en el análisis de la demanda de energía eléctrica residencial.

JEL: D12; C25; C25; Q41.

Palabras claves: Demanda de energía eléctrica residencial, usos energéticos, regresiones cuantílicas

* Paula Laureiro: paula.laureiro@gmail.com

Determinants of the residential electricity demand for Uruguay

Paula Laureiro

Abstract

This research examines the determinants of residential electricity demand for Uruguay. Using extended demand models, it analyses several socio-economic factors affecting households' electricity consumption -per capita income, household composition, housing characteristic, equipment and the relative participation of some energy uses-. The data belong to the Demand and Use of Electricity Survey of the Urban Residential Sector carried out for Uruguay in 2015. First, using OLS we estimate the effects of the socio-economic variables for the average consumption and these results are compared with those that arise from the estimation of three socioeconomic levels -low, medium and high-. In addition, we study the impact of these variables along the distribution of consumption based on the quantile regression method.

The results indicate that per capita income, household composition, housing characteristics, air conditioning and heating possession, are important to explain household electricity consumption. With regard to the share of energy uses, it is observed that those associated with thermal comfort, particularly heating, together with cooking, are those with the greatest effect on the consumption of electrical energy. These results vary depending on the household socioeconomic level and its location in the distribution of consumption of electricity. In particular, household composition variables have a greater impact on households with lower electricity consumption, while the variables associated with housing and heating use show a higher effect on high consumption levels.

This is the first study that evaluates the electricity demand throughout the consumption distribution based on the quantile regression method for Uruguay. The existence of differences between the quantiles of consumption indicates the benefits of using this method for the residential demand analysis.

JEL code: D12; C25; C25; Q41.

Key words: Residential electricity demand, energy uses, quantile regressions.

1. Introducción

La energía tiene un papel central en el desarrollo de una sociedad, debido a su rol en el sistema productivo y en la calidad de vida de las personas, por lo que el estudio de su demanda actual y los requerimientos futuros en el corto, mediano y largo plazo, adquieren relevancia (Bouille, 2004; Pistonesi, et al., 2003). Uruguay ha procurado realizar análisis de prospectiva energética, principalmente enmarcados en la planificación del desarrollo (Oficina de Planeamiento y Presupuesto, 2010; Dirección Nacional de Energía, 2014). En particular, dentro del sector energético, el eléctrico, ha recibido especial atención producto de su participación en los sectores residencial y productivo y por sus características particulares -industria de red, necesidad de balance instantáneo entre oferta y demanda, entre otras- que hacen muy importante contar con previsiones confiables.

El sector residencial, es el que presenta mayor peso en el consumo final de energía eléctrica. Asimismo, diversos trabajos nacionales e internacionales han aportado evidencia respecto al rol central del acceso a fuentes modernas de energía en la calidad de vida, el bienestar y el desarrollo futuro de las personas (Bertoni, et al, 2008; Kozulj, 2009). Ambos elementos ponen en relieve la importancia de analizar este sector.

Profundizar en el conocimiento de los factores que influyen sobre la demanda de energía eléctrica del sector residencial permite obtener proyecciones más ajustadas y brinda herramientas para mejorar la gestión de la demanda y lograr una mayor eficiencia de las políticas energéticas.

Los requerimientos de energía eléctrica del sector residencial son influenciados por un conjunto de variables que impactan de manera dispar sobre los hogares, asociado tanto a pautas de consumo desigual, como a diferencias en los niveles de satisfacción de necesidades (Bouille, 2004). Es decir, existen diferencias subyacentes entre los hogares respecto al cómo y por qué consumen energía eléctrica. En particular, la evidencia empírica a nivel internacional da cuenta de la relevancia de considerar aspectos vinculados a las características socioeconómicas del hogar, la vivienda y la tenencia y eficiencia de los equipos eléctricos (Medina y Vicéns, 2011; Hancevic y Navajas, 2015; Guerra Santin, 2011).

A nivel nacional, existen algunos aportes relevantes respecto al análisis de la demanda de energía eléctrica residencial, como los trabajos de Gerschuni (2013) y Amarante y Ferrando (2011). Sin embargo, estos trabajos recurren a fuentes indirectas para estimar el consumo de energía eléctrica y, en el caso de Gerschuni (2013), se concentra particularmente en el impacto del ingreso del hogar.

A partir de estas consideraciones, el trabajo busca analizar los determinantes de la demanda de energía eléctrica de los hogares uruguayos, en particular los ubicados en zonas urbanas. Con este objetivo se estudia la existencia y magnitud del efecto sobre el consumo de energía eléctrica de un conjunto amplio de variables: las características socioeconómicas del hogar -ingreso per cápita y composición del hogar, de la vivienda -tamaño, tipo de vivienda y materiales constructivos, cantidad y tipo de equipamiento-, y la participación de algunos usos energéticos -cocción, calefacción, ventilación, calentamiento de agua sanitaria y conservación de alimentos-. En primera instancia, este análisis se realiza a partir de la estimación de un modelo lineal aplicando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

En el entendido de que el efecto de las variables analizadas difiere en función al nivel de ingresos del hogar, se estima el modelo para tres sub-muestras alternativas considerando distintos niveles socioeconómicos -alto, medio y bajo-.

Por otro lado, resulta de interés estudiar el efecto de los determinantes evaluados a los largo de toda la distribución del consumo de energía eléctrica del hogar. Esto no es posible a partir del método MCO, el

cual brinda información para el promedio de la población analizada. Por este motivo, se incorpora la metodología de regresiones cuantílicas.

La fuente de información principal para este trabajo son los datos proporcionados por la Encuesta de Usos y Demanda de Energía Eléctrica realizada por la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) y el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en el año 2015. Esta base de datos combina información sobre el consumo de energía eléctrica de los hogares, que surge de los datos administrativos de UTE, con datos respecto al consumo de energía eléctrica en distintos usos, características del hogar y la vivienda.

A partir de aquí el trabajo se estructura de la siguiente manera. En la siguiente sección se presenta de manera resumida la evolución del consumo de energía eléctrica en Uruguay durante los últimos 20 años. Seguidamente se explicita el marco teórico general en el cual se circunscribe el trabajo. En tercer lugar se citan los antecedentes internacionales y nacionales. A continuación se explicitan los objetivos e hipótesis orientadoras del trabajo. En quinto lugar, se describe la metodología y su aplicación y se detallan los datos, sus limitaciones y el procedimiento para la construcción de algunas de las variables incluidas en el análisis. En la séptima sección se presentan los resultados, incluyendo un examen descriptivo de los datos y el análisis de las estimaciones realizadas. Por último, el trabajo culmina con la presentación de las conclusiones más relevantes, las limitaciones encontradas y las expansiones posibles. Finalmente, luego de las referencias bibliográficas, se incorporan los anexos al trabajo.

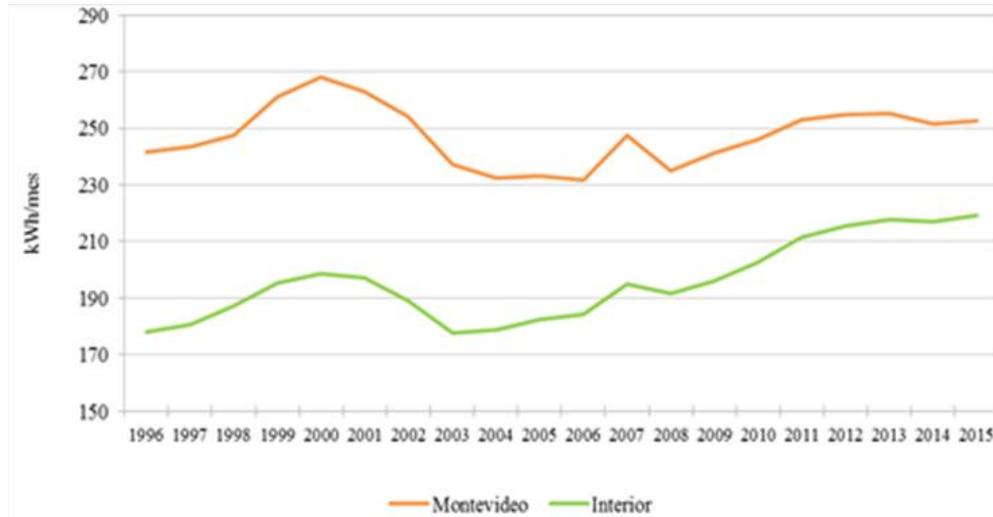
2. Evolución del consumo de energía eléctrica en Uruguay

En los último 20 años el consumo final de energía eléctrica ha verificado un crecimiento sostenido, con excepción del período comprendido entre 2001 y 2003 producto de la crisis económica que afectó al país y a la región. En particular, entre 2006 y 2015 se observa un incremento de 45%, impulsado por el crecimiento del sector industrial y el residencial -90 y 36% respectivamente-. Este último presenta el mayor peso en el consumo final de energía eléctrica, manteniéndose en los últimos años entorno al 40%, con una leve reducción a partir de 2008 (Balance Energético Nacional, 2015).

La universalización del acceso a la energía eléctrica, forma parte de las metas de corto plazo planteadas por el Plan Nacional de Energía (Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear, 2008). En los últimos 10 años, la tasa de electrificación rural se incrementó en aproximadamente doce puntos porcentuales lo cual permitió alcanzar un tasa global de electrificación de 99,7% en el año 2015.

El análisis del consumo promedio agregado a nivel país, oculta diferencias existentes a nivel regional. Una primera gran división territorial entre Montevideo y los departamentos del interior, muestra diferencias importantes. El consumo promedio mensual de Montevideo es 15% superior al del interior para el año 2015. Sin embargo la brecha entre ambas regiones presenta una tendencia a acortarse en los últimos 10 años, en los cuales el consumo promedio mensual de Montevideo creció 9% mientras en el interior el incremento fue de 19%. En particular, se observa que el consumo en el interior ha superado el nivel alcanzado previo a la crisis económica del año 2002, sin embargo, en Montevideo el crecimiento ha sido más lento y no se retomaron los niveles anteriores a la crisis (Gráfico 1).

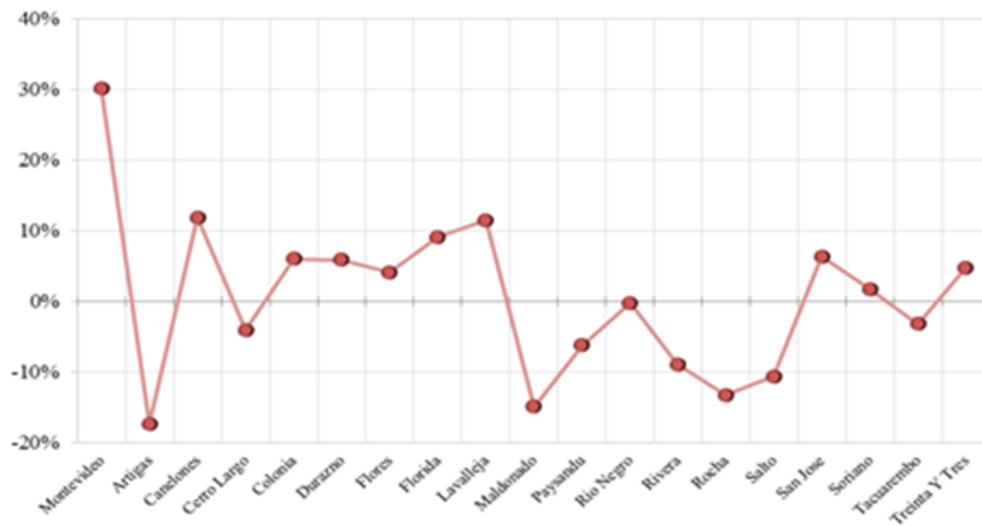
Gráfico 1. Consumo promedio mensual residencial por región (kWh/mes) -1996-2015-



Fuente: Elaboración propia en base a datos administrativos de UTE

Existen diferencias incluso entre los departamentos del interior del país, tanto en el consumo promedio mensual como en la distribución del mismo a lo largo del año. La relación entre los meses de verano -diciembre, enero y febrero- y los meses de invierno -junio, julio y agosto-, permite determinar dos grupos de departamentos, los ubicados por encima del Río Negro junto a Maldonado y Rocha cuyo consumo se incrementa en los meses de verano y el resto de los departamentos con mayor consumo en los meses de invierno (Gráfico 2).

Gráfico 2. Relación entre el consumo promedio mensual de los meses de invierno respecto a los meses de verano -Año 2015-



Fuente: Elaboración propia en base a datos administrativos de UTE

Como se señaló en párrafos anteriores, en Uruguay el acceso a la energía eléctrica es prácticamente universal, sin embargo persiste una proporción de hogares conectados irregularmente a la red eléctrica. La conexión irregular suele ser la expresión de un tema de fondo, el de asequibilidad, y tiene asociado importantes problemas: de seguridad para los hogares con conexión irregular que se encuentran más expuestos a riesgos de incendios y fallas eléctricas y de baja tensión para aquellos conectados de manera regular a las mismas redes. De acuerdo al dato que surge del procesamiento de la ECH 2008, el 4,7% de los hogares del país -8,8% en Montevideo y 1,7% en el interior- se encontraban conectados irregularmente. Si bien la irregularidad en el acceso no es exclusiva de los sectores de bajos ingresos o de hogares ubicados en asentamientos irregulares, la proporción de hogares en los primeros deciles conectados irregularmente es muy superior al promedio -18,2 11,5 y 4,7% primer y segundo decil y promedio del país, respectivamente-.

En síntesis. La evolución del consumo final de energía eléctrica da cuenta de la participación destacada del sector residencial que se ha mantenido como el sector con mayor peso. Su análisis, muestra diferencias regionales, en particular entre Montevideo e interior y diferencias estacionales vinculadas al impacto de las variables climáticas en el consumo mensual de energía de los hogares. Asimismo, los datos presentados señalan la persistencia de problemas de asequibilidad, vinculado a los deciles más bajos, mientras que el acceso ha alcanzado niveles cercanos al 100%. Sería, por lo tanto, deseable incorporar estos factores en los modelos de análisis.

3. Marco teórico

3.1. Dimensión social de los usos de energía

Los requerimientos de energía de una sociedad dependen directamente de los requerimientos de los hogares y las actividades productivas, ambos estrictamente vinculados con el patrón de desarrollo y acumulación imperante en dicha sociedad. Este patrón de acumulación tiene asociado un patrón de distribución del producto social, el cual termina definiendo la estructura de la demanda agregada y los requerimientos de energía (Bouille, 2004).

Los principales usos energéticos en los hogares varían de una sociedad a otra por factores económicos, tecnológicos, socio-culturales y geográfico-climáticos. Asimismo, tienden a variar a lo largo del tiempo, por la modificación de los factores mencionados, cambios en las pautas de consumo, surgimiento de nuevas necesidades o requerimientos, variación en los requerimientos mínimos considerados para satisfacer una necesidad, modificaciones del entorno económico, por citar algunos ejemplos (Sovacool, 2011a). De esta manera, los servicios energéticos no son uniformes e innatos, están fuertemente relacionados con el ingreso de los hogares y el bienestar relativo de la sociedad (Sovacool, 2011a).

Como consecuencia del uso de análisis con énfasis en los usos energéticos el foco se mueve desde la producción y los factores tecnológicos hacia cuestionamientos respecto al impacto de los estilos de vida en la calidad y la cantidad de energía que se consume, los niveles de equidad en lo que refiere al acceso y asequibilidad a las distintas fuentes de energía, entre otras (Lutzenhiser, 1992).

Los elementos señalados dan cuenta de las características específicas de la energía. En este sentido, el análisis de la demanda de energía no debe obviar el rol de los factores socio-culturales, geográficos y tecnológicos. Un análisis exhaustivo que incluya todos los elementos señalados requiere contar con basta información cuantitativa y cualitativa que permita abordar tanto los elementos coyunturales como los estructurales que definen el escenario presente. En este trabajo, se abordan algunos de estos factores a partir de un análisis cuantitativo, atendiendo a las limitaciones del mismo, pero sentando una base inicial para profundizar en dichos aspectos.

3.2. Análisis de la demanda¹

Los postulados tradicionales de la teoría neoclásica del consumidor parten del supuesto de que la cantidad de bienes y servicios que demandan los individuos depende de su nivel de ingresos y de los precios. De acuerdo a este enfoque los individuos maximizan su función de utilidad sujetos a su restricción presupuestaria:

$$\text{Max}U(q) \text{ sa } \sum p_k q_k = x \text{ con } k = 1, \dots, n \quad (3.1)$$

$U(q)$ es la función de utilidad del individuo, p_k es el precio del bien o servicio k , q_k es la cantidad de cada bien o servicio k que el individuo consume y x es el ingreso del individuo.

A partir de esta especificación es posible llegar a una función de demanda de tipo Marshalliana, dependiente del precio y el ingreso del consumidor.

$$q_k = g_k(x, p) \quad (3.2)$$

Sustituyendo las cantidades por (3.2) en la función de utilidad (3.1) se arriba a lo que se conoce como la función indirecta de utilidad (3.3).

$$U^* = (q_1, q_2) = U(g_1(p_1, p_2, x), g_2(p_1, p_2, x)) = \Psi(p_1, p_2, x) \quad (3.3)$$

La forma más extendida de especificación de esta función es la curva de Engel, la cual permite a su vez analizar la relación en término de elasticidades.

Los postulados planteados hasta este punto refieren a un bien o servicio genérico, sin embargo, la demanda de energía eléctrica, dado su carácter de demanda derivada, requiere la imposición de restricciones sobre las funciones de preferencias de los consumidores. En particular en lo que refiere a los supuestos de separabilidad y preferencias homotéticas.

Adoptar el supuesto de separabilidad de las preferencias implica asumir que es posible clasificar a los bienes o servicios en grupos con funciones de preferencias específicas que no dependen de los bienes o servicios incluidos en los otros grupos. Por otro lado, las preferencias homotéticas implican que la demanda de un bien o servicio se determina únicamente por su precio y el nivel de ingresos de los hogares, es decir, excluye del análisis las características del hogar, la vivienda y el entorno. De esta manera, considerar que las preferencias no son homotéticas permite incorporar otras variables en el análisis.

La discusión respecto a los determinantes de la demanda de energía eléctrica implica analizar qué variables se incluyen en el análisis y cuál es la mejor forma de incluirlas. En particular, en referencia al ingreso del hogar un conjunto de trabajos han desarrollado métodos para estimar la riqueza del hogar o el ingreso permanente a partir de las características del hogar y la tenencia de bienes durables, variables que tienen una elevada correlación con el ingreso permanente del hogar (Ferguson, et al., 2003). El supuesto que está detrás de la consideración del ingreso permanente, en lugar del ingreso corriente, es que los hogares pueden mantener su consumo y su nivel de vida frente a fluctuaciones de corto plazo en sus ingresos (Deaton, 1997). Este aspecto es de particular importancia para el caso de la energía eléctrica, en donde su demanda se encuentra estrechamente relacionada con las características

¹ En este trabajo se siguen principalmente los planteos de Brown y Deaton (1972), Deaton y Muellbauer (1980) y Deaton (1997).

y la cantidad de equipos eléctricos que posee el hogar, los cuales dependen de su ingreso permanente y no del ingreso corriente.

4. Antecedentes

En la última década se han extendido en el mundo los trabajos que analizan la demanda de energía. El interés de asegurar el suministro y disminuir las emisiones de CO₂ ha motivado una mayor atención a las proyecciones de la demanda de energía y a los insumos necesarios para mejorar las mismas. Asimismo, las discusiones respecto al vínculo entre el acceso a fuentes modernas de energía y el bienestar (Kozulj, 2009; Sovacool, 2011b), han impulsado la expansión de análisis centrados en el sector residencial. En este apartado se presentan algunos de estos trabajos, con énfasis en los determinantes del consumo de energía.

Gouveia, et al. (2012), Guerra Santin (2011) y Brounen, et al. (2012) resaltan la necesidad de identificar los factores determinantes de la demanda de los servicios energéticos para realizar buenas proyecciones. Considerando los casos de Portugal, Países Bajos respectivamente, ambos trabajos identifican sobre qué usos finales y parámetros debería actuar la política energética con la intención de alcanzar un uso más eficiente de la energía a nivel residencial. Señalan la importancia de los parámetros relacionados a las pautas de consumo de los integrantes del hogar y la participación de los usos energéticos asociados al acondicionamiento térmico de la vivienda.

A nivel regional se destaca el trabajo realizado por Margulis (2014), el cual analiza para el caso argentino, la relación existente, en el corto plazo, entre la demanda de energía a nivel residencial, el ingreso, el precio de los energéticos en distintas regiones y variables relacionadas al hogar. Apunta que las variables relacionadas a las características del hogar tienen un efecto importante en el consumo de energía eléctrica de los hogares.

Existe otra línea de trabajos interesados en analizar toda la distribución del consumo de energía eléctrica de los hogares, por lo cual incorporan la estimación en base a regresiones cuantílicas. Dentro de esta línea, Medina y Vicéns (2011) buscan identificar los factores determinantes del consumo eléctrico de los hogares españoles de manera de tenerlos en cuenta en la definición de políticas de ahorro energético. Encuentran que el número de miembros del hogar y el tamaño de la vivienda son las variables más influyentes en el gasto en electricidad de un hogar y que el impacto de las mismas varía de acuerdo al nivel de consumo del hogar. Por su parte, Kaza (2010) utiliza la metodología de regresiones cuantílicas para explicar el consumo residencial de energía para acondicionamiento térmico de ambientes en Estados Unidos a partir de características de la vivienda y del hogar. Concluye que las diferencias en la composición del hogar tienen un impacto medido en la demanda residencial de energía, en comparación al impacto de variables como el tamaño de la vivienda, existiendo diferencias significativas entre los distintos cuantiles. Finalmente, el trabajo realizado para Buenos Aires por Hancevic y Navajas (2015) analiza el impacto de una serie de variables en el consumo elevado o excesivo de energía eléctrica. Dentro de los elementos que se vislumbran como más importantes para explicar el consumo elevado, se encuentra la falta de acceso a la red de gas natural, que posee un sesgo negativo hacia los hogares de bajos ingresos.

A partir de los trabajos presentados hasta aquí, se pueden identificar un conjunto de determinantes relevantes para el análisis de la demanda de energía eléctrica residencial (Tabla 1).

Tabla 1. Metodología y determinantes considerados en los antecedentes a nivel internacional

Autores/as	Metodología	Determinantes
Gouveia, et al. (2012)	Bottom up	- Cantidad y edad de los integrantes del hogar - Tamaño y ubicación de la vivienda - Cantidad, tipo y eficiencia energética del equipamiento
Guerra Santin (2011)	Análisis de conglomerados y correlación	- Ingreso del hogar y cantidad de integrantes - Área a calefaccionar en m ² y cantidad de habitaciones - Mayores de 65 y menores de 12 años - Tenencia de la vivienda - Educación de los integrantes - Tipo de equipo energético
Margulis (2014)	Regresión Múltiple	- Gasto del hogar - Composición del hogar - Regiones de ubicación y ubicación en zona rural - Acceso a Gas Natural - Tipo de vivienda y material de las paredes - Tenencia de Aire Acondicionado
Medina y Vicéns (2011)	Regresiones cuantílicas	- Ingreso del hogar - Cantidad de integrantes del hogar - Tamaño (m ²), antigüedad y tipo de vivienda - Calefacción eléctrica - Zona de residencia y región del país
Kaza (2010)	Regresiones cuantílicas	- Ingreso del hogar - Cantidad de integrantes del hogar - Tamaño, antigüedad y tipo de vivienda - Tipo de tenencia de la vivienda - Precio
Hancevic y Navajas (2015)	Regresiones cuantílicas	- Gasto per cápita del hogar - Cantidad de integrantes según grupo de edad - Cantidad de habitaciones - Tenencia y tipo de equipamiento - Acceso a GLP - Ubicación de la vivienda - Tenencia de la vivienda - Materiales de la pared y techo

Por su parte, en Uruguay si bien existen varios desarrollos con centro en la demanda de energía, una parte importante de estos utilizan datos agregados o profundizan en los modelos predictivos del consumo de energía eléctrica en el corto plazo a partir del análisis de series temporales (Blanco, et al. 2013; Lanzilotta y Rosá, 2012; Lanzilotta y Rodríguez, 2014). A nivel microeconómico, existen relativamente pocos trabajos, lo cual se explica en parte, por la dispersión de las fuentes de información y la falta de relevamientos periódicos a nivel de los hogares sobre temas energéticos que se combinen con datos socioeconómicos.

Los principales trabajos que profundizan respecto a las diferencias existentes a la interna del sector residencial pueden separarse en dos grupos. Por un lado, se encuentran aquellos que analizan al peso del gasto de los distintos energéticos sobre el ingreso del hogar y la asequibilidad a la energía eléctrica (Cabrera, et al. 2002; Amarante y Ferrando, 2011, Messina, 2015). Por otro lado, existe un grupo de trabajos cuyo objetivo principal es analizar la función de demanda de energía a partir de la consideración de sus determinantes (Gerschuni, 2013, Pérez de la Llana, 2013)

Dentro del primero grupo, el trabajo realizado por Amarante y Ferrando (2011) caracterizan a los hogares uruguayos en cuanto al acceso, el uso y el gasto en los servicios de electricidad y agua. A partir del gasto en energía eléctrica declarado en la Encuesta Nacional de Gastos e Ingresos de los Hogares (ENGIH) 2005-2006 y las tarifas vigentes, las autoras calculan el consumo en kWh de cada hogar y estiman el consumo de energía eléctrica de aquellos hogares que no declaran consumo, utilizan los

coeficientes resultantes de un modelo de regresión lineal que relaciona el consumo en kWh/mes con el ingreso y el tamaño del hogar, el tamaño y la ubicación de la vivienda y la tenencia de un conjunto de equipos eléctricos. Por su parte, el trabajo de Messina (2015) explora el peso del consumo de energía de los hogares en distintos deciles de ingreso. Destaca la mayor incidencia de dicha variable en los hogares ubicados en los primeros deciles de ingreso.

Dentro del segundo grupo de trabajos, Gerschuni (2013) estima la elasticidad ingreso del consumo de energía eléctrica de los hogares uruguayos a partir de la estimación de una Curva de Engel con datos de la ENGIH. Concluye que el consumo de energía eléctrica de los hogares presenta las características de un bien necesario y que existe una relación de tipo U invertida ente el ingreso del hogar y su la elasticidad ingreso del consumo de energía eléctrica. Por su parte, Pérez (2013) caracteriza la demanda residencial de GLP en Uruguay, en particular la elección de GLP para cocción de alimentos. Considera variables socioeconómicas, educativas y demográficas, centrándose en el uso cocción. Encuentra una incidencia positiva del nivel de ingreso de los hogares, el grado de educación del jefe/a de hogar, el género femenino y la menor edad del jefe/a y el mayor número de habitaciones de la vivienda en la elección del GLP como fuente principal para el uso cocción.

5. Objetivos e Hipótesis

El objetivo general del trabajo es analizar los determinantes del consumo de energía eléctrica de los hogares en Uruguay, en particular los urbanos. Se busca evaluar el efecto de algunos de los factores identificados por la literatura teórica y empírica sobre la demanda de energía eléctrica residencial. En particular, se busca analizar el impacto de las características socioeconómicas del hogar -ingreso per cápita y composición-, de la vivienda -tipo de vivienda, tamaño y materiales constructivos- y de la región de residencia, en el consumo de energía eléctrica de los hogares uruguayos ubicados en el ámbito urbano. Dado el carácter de demanda deriva de la energía eléctrica, se considera importante incluir en el análisis la óptica de los usos energéticos, es decir, considerar distintos usos entre los cuales los hogares distribuyen la energía eléctrica que consumen.

Asimismo, interesa analizar si el efecto de los determinantes es igual para los hogares con diferente nivel socioeconómico y también si existe un impacto diferencial según la ubicación de los hogares en la distribución del consumo de energía eléctrica.

El impacto del nivel socioeconómico se materializa a través de dos vías. Por un lado, afecta la capacidad del hogar para acceder a ciertos bienes y servicios, entre ellos, la energía eléctrica. Por otro, influye indirectamente por medio de su interacción con otros determinantes, por ejemplo, el acceso a distintos equipos eléctricos, las características de la vivienda, entre otras. A partir de estas consideraciones se plantea la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1. El nivel socioeconómico de los hogares condiciona el efecto de los determinantes del consumo de energía eléctrica. El impacto de las características del hogar, la vivienda, la región y la participación relativa de distintos usos energéticos difiere entre hogares de diferente nivel socioeconómico. La consideración de estos elementos permite derivar un primer objetivo específico del trabajo:

Objetivo específico 1. Analizar el impacto diferencial de los determinantes del consumo de energía eléctrica de los hogares en función de su nivel socioeconómico.

Por otro lado, se propone analizar los factores que impactan en el consumo de energía eléctrica de los hogares ubicados en distintos niveles de la distribución del consumo de energía eléctrica a partir de la siguiente hipótesis.

Hipótesis 2. El efecto de los determinantes del consumo de energía eléctrica de los hogares con mayor y menor consumo difiere del efecto de los mismos sobre un hogar de consumo promedio. Se desprende el segundo objetivo específico de trabajo:

Objetivo específico 2. Analizar el efecto de los determinantes del consumo de energía eléctrica en los hogares ubicados en distintos puntos de la distribución del consumo de energía eléctrica, en particular los ubicados en las colas de la distribución.

6. Estrategia empírica

6.1. Modelo para la estimación de la demanda de energía eléctrica residencial

El punto de partida para el análisis de los determinantes del consumo de energía eléctrica es una función de demanda siguiendo la especificación planteada por Deaton y Muellbauer (1980) y Deaton (1997), incorporando las características del hogar y de la vivienda, la tenencia de equipos eléctricos, la región y la participación de usos energéticos. Así, la ecuación de demanda de energía eléctrica de un hogar se especifica de la siguiente manera:

$$Q_i = g(Y_i, X_i) + \mu_i \quad (6.1)$$

Donde i representa a los hogares, Q_i es el consumo de energía eléctrica del hogar i representado en función de su ingreso (Y_i) y de las características del hogar y la vivienda, la tenencia de equipos eléctricos, la región y la participación de los usos energéticos (X_i). μ_i corresponde al término de error.

A partir de la especificación ampliada (6.1) se plantea la ecuación (6.2). Con la finalidad de interpretar los coeficientes como elasticidades o semi elasticidades, la variable a explicar, el consumo promedio mensual de energía eléctrica de los hogares uruguayos medido en kWh en el año 2015, se expresa en términos logarítmicos.

Los factores explicativos se presentan en cinco grupos de variables: ingreso per cápita y composición del hogar (H_i), características de la vivienda (V_i), tenencia de equipos eléctricos (T_i), participación relativa de los usos energéticos (U_i) y variables regionales (R_i), que dan cuenta de la ubicación del hogar en distintas zonas del país.

$$\log(ee_{mes})_i = \beta_0 + H_i + V_i + T_i + U_i + R_i + \mu_i \quad (6.2)$$

Donde i representa a los hogares, $\log(ee_{mes})_i$ corresponde al logaritmo del consumo promedio mensual de energía eléctrica del hogar i medido en kWh y μ_i es el término de error.

Las variables que se incluyen dentro de cada grupo se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de las variables incorporadas en el análisis

Grupo	Variable	Descripción
Ingreso per cápita y composición del hogar	$\text{Log}(Y_{pc})$	Logaritmo del Ingreso per cápita del hogar en pesos constantes en agosto de 2015 -imputación a partir de la estimación en ECH 2015-.
	$\text{May}10$	Cantidad de integrantes del hogar con 10 o más años de edad
	$\text{men}10$	Cantidad de menores de 10 años en el hogar
Características de la vivienda	$\text{Log}(tam_{viv})$	Logaritmo del tamaño de la vivienda en metros cuadrados
	$tipo_{viv}$	Dummy que toma el valor 1 si el hogar residen en una casa y 0 en apartamento
	mat_{techo}	Dummy que toma valor 1 si el material predominante en el techo es precario y 0 en otro caso
Tenencia de equipos	$cant_{aa}$	Cantidad de equipos de aire acondicionado en la vivienda
	$cant_{calefones}$	Cantidad de calefones en la vivienda
Usos energéticos	p_{cocc}	Proporción de energía eléctrica destinada a la cocción de alimentos, sobre el total de usos considerados (en %)
	p_{alim}	Proporción de energía eléctrica destinada a la conservación de alimentos, sobre el total de usos considerados (en %)
	p_{calef}	Proporción de energía eléctrica destinada a la calefacción de ambientes, sobre el total de usos considerados (en %)
	p_{lav}	Proporción de energía eléctrica destinada al lavado y secado de ropa y vajilla, sobre el total de usos considerados (en %)
	p_{vent}	Proporción de energía eléctrica destinada a la ventilación y refrigeración de ambientes, sobre el total de usos considerados (en %)
	p_{acs}	Proporción de energía eléctrica destinada al calentamiento de agua sanitaria sobre el total de usos considerados (en %)
Regiones	$reg_{templada}$	Dummy que indica con 1 si el hogar reside en una región templada -temperatura entorno a la media país- y 0 en otro caso
	$reg_{fría}$	Dummy que indica con 1 si el hogar reside en una región fría -temperatura inferior a la media país- y 0 en otro caso
	$reg_{cálida}$	Dummy que indica con 1 si el hogar reside en una región cálida -temperatura superior a la media país- y 0 en otro caso

Fuente: Elaboración propia

La ecuación (6.2) será estimada, en primera instancia mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). En segundo lugar, se empleará el método de regresiones cuantílicas con la finalidad de analizar el consumo de energía eléctrica a lo largo de toda la distribución del consumo. Cuando la variable sobre la cual se desean evaluar distintos cuantiles es la variable dependiente del modelo, la segmentación en sub-muestras de acuerdo a su distribución no condicionada genera un problema de truncamiento en la variable dependiente. Esto produce sesgos importantes en las estimaciones resultantes (Koenker y Hallock, 2001). Las regresiones cuantílicas, utilizan toda la muestra para estimar los efectos en toda la distribución por tanto evitan el problema planteado. En este trabajo se seguirán los planteos de Koenker y Bassett (1978), Koenker (2005) y Koenker y Hallock (2001).

Es importante comenzar definiendo que se entiende por cuantil. Cualquier variable aleatoria y puede ser caracterizada por su función de distribución:

$$F(y) = P(Y \leq y) \quad (6.3)$$

A partir de esta función de distribución el θ -ésimo cuantil se define como el valor que deja una proporción θ de observaciones de la variable aleatoria por debajo y una proporción $(1 - \theta)$ por encima, de la siguiente manera:

$$F^{-1}(\theta) = \inf\{y: F(y) \leq \theta\} \quad (6.4)$$

En este trabajo el cuantil corresponde a la distribución del logaritmo del consumo promedio mensual de energía eléctrica del hogar, condicionado al ingreso del hogar, sus características y las de la vivienda y la participación de los usos energéticos.

A partir de los procedimientos desarrollados por el método MCO para estimaciones en media, es posible derivar la lógica de resolución utilizado en el método de regresiones cuantílicas siguiendo los desarrollos de Koenker y Bassett (1978).

Al igual que en el método MCO, la resolución de las regresiones cuantílicas se basa en la minimización de los errores. La estimación de los parámetros de interés a partir de la media condicional de una variable y dado x , se resuelve en base a la siguiente minimización:

$$\min_{\beta \in R} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i' \beta)^2 \quad (6.5)$$

De manera similar, es posible calcular el θ -ésimo cuantil condicional a x ($Q_y(\theta/x) = x' \beta(\theta)$) resolviendo:

$$\min_{\beta \in R^p} \sum_{i=1}^n p^\theta (y_i - \xi(x_i, \beta)) \quad (6.6)$$

Este método busca minimizar la suma de los errores absolutos ponderados con pesos asimétricos utilizando los cuantiles como ponderadores. La estimación de los parámetros, se realiza a partir de la minimización de las desviaciones absolutas ponderadas con pesos asimétricos. Intervienen todas las observaciones ponderadas de manera conveniente.

El problema de regresiones cuantílicas planteado en (6.6) puede ser reformulado como un problema de programación lineal:

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i: w_i > x_i' \beta} \theta |w_i - x_i' \beta| + \sum_{i: w_i < x_i' \beta} (1 - \theta) |w_i - x_i' \beta| \right\} \quad (6.7)$$

Otra forma simplificada de presentar el problema de minimización se encuentra en la siguiente expresión:

$$\min_{\beta \in R} \left[\sum_{i=1}^n \rho_\theta(u) \right] \quad (6.8)$$

Donde $\rho_\theta(u) = u(\theta - 1(u < 0))$ se conoce como función de chequeo.

$$\rho_\theta(u) \begin{cases} u(\theta - 1) & \text{si } u < 0 \\ u\theta & \text{si } u \geq 0 \end{cases} \quad (6.9)$$

Los coeficientes estimados a través de este método pueden interpretarse de manera similar a los coeficientes de la regresión realizada sobre la media condicional.

6.2. Fuente de datos

La información respecto al consumo energético de los hogares uruguayos es dispersa, particularmente, en lo que refiere a microdatos que combinen características de los hogares y de sus integrantes con datos sobre consumo de energía.

Entre los datos disponibles se destacan los que surgen del trabajo realizado por la Fundación Bariloche en 2006 en el marco del estudio de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas (Fundación Bariloche y PRIEN, 2008). Esta fuente de información, de alcance nacional, es exhaustiva en el relevamiento de los energéticos seleccionados por los hogares para distintos usos energéticos y la cantidad demandada. Sin embargo, no profundiza en las características del hogar y la vivienda. Además, al tratarse de un relevamiento realizado en 2006, los resultados no recogen algunas variaciones ocurridas en los últimos diez años que pueden implicar cambios importantes respecto a la participación de algunos usos energéticos.

Otra fuente disponible, frecuentemente utilizada para los estudios de consumo de energía residencial, es la Encuesta Nacional de Gasto e Ingreso de los Hogares (ENGIH) 2005-2006. Esta, recoge información sobre el ingreso de los hogares y el gasto que estos realizan en el consumo de un conjunto de bienes y servicios, entre los cuales se encuentra el gasto en energéticos. La principal ventaja de esta encuesta es que permite tratar tanto el consumo de electricidad como de otros energéticos alternativos -GLP, gas natural, leña y kerosene-. Sin embargo, en lo que refiere a energía eléctrica, presenta los siguientes problemas: no brinda información sobre la cantidad de energía eléctrica consumida, sino sobre el gasto monetario realizado. Por lo tanto, es necesario realizar supuestos respecto a la potencia contratada, así como sobre la asignación de los hogares que acceden a los descuentos comerciales definidos y aprobados en la Resolución del Directorio de UTE 97.-1351, con el objetivo de calcular la cantidad de energía consumida. Además, no es posible captar información respecto a los hogares conectados irregularmente a la red eléctrica. Y finalmente, no permite obtener datos sobre la distribución del consumo en los distintos usos energéticos.

Este trabajo utiliza los datos resultantes de la encuesta de Demanda y Uso de la Energía Eléctrica del Sector Residencial Urbano realizada por UTE e INE en el año 2015 (UTE-INE 2015). Dicha encuesta se focaliza en los hogares conectados de manera regular a la red eléctrica. El alcance de esta encuesta es nacional y el universo de estudio comprende a clientes con tarifa residencial que residen en localidades de 10.000 o más habitantes con un consumo promedio en los últimos seis meses de al menos 50 kWh. En total, la encuesta incluye información de 2994 hogares.

Esta fuente es la que mejor se ajusta a los objetivos de este trabajo pues combina información reciente respecto al consumo de energía eléctrica, tanto en volumen como en distribución en distintos usos energéticos, con algunos datos socioeconómicos de los hogares. Incluye información sobre el consumo horario según el tipo de día en determinados usos energéticos -lavado y secado de ropa y vajilla, conservación de alimentos, calefacción, refrigeración y ventilación de la vivienda, cocción de alimentos y calentamiento de agua sanitaria-. Por otro lado, releva características del hogar y de sus integrantes, de la vivienda y la tenencia de equipamiento eléctrico y otros bienes durables. También incorpora el consumo promedio mensual de energía eléctrica para el año 2015 -surge de los datos administrativos de UTE asociados al hogar encuestado- y la tarifa seleccionada por el hogar.

Es necesario explicitar tres desventajas detectadas en la encuesta realizada por UTE-INE:

- En lo que refiere al marco muestral, no incluye a hogares que se encuentran conectados irregularmente a la red eléctrica.

- El marco, generado a partir de los clientes regulares de la empresa, solo consideró a aquellos cuyo promedio mensual en los últimos seis meses superara los 50 kWh. Esto podría generar sesgos hacia los hogares de los primeros deciles.
- La encuesta no consultó respecto al ingreso del hogar. Con el fin de solucionar esta limitante se propone imputar el ingreso per cápita a partir de su estimación en la ECH 2015.

Por último, una restricción adicional de este análisis es la imposibilidad de incorporar el precio de la energía eléctrica y de energéticos alternativos o sustitutos. Las características de los datos -datos de corte transversal para un solo año- y el hecho de que en Uruguay no existan diferencias tarifarias asociadas a la región, generan muy baja variabilidad entre los hogares respecto a esta variable. Asimismo, la estructura escalonada de las tarifas eléctricas del país genera que el precio medio se determine en forma endógena al consumo, es decir mayores consumos de energía eléctrica implican que el hogar haga frente a un precio medio mayor. En base a esto y a la decisión metodológica tomada por antecedentes con similares restricciones (Hancevic y Navajas, 2015; Gutiérrez, 2016), se optan por no incluir esta variable en el análisis.

6.3. Construcción de las variables incluidas en la estimación

Algunas de las variables incluidas en el análisis no surgen de manera directa de la fuente de datos disponible. Este es el caso del ingreso per cápita, los usos energéticos y las variables que identifican la región en la que se ubica la vivienda. En esta sección se explicita el procedimiento adoptado para la construcción de estas variables.

6.3.1. Estimación e imputación del ingreso

Para la imputación del ingreso per cápita de los hogares se sigue la metodología propuesta por Filmer y Pritchett (2001), Dang, et al (2014) y Bourguignon y Ferreira (2005). Estos autores calculan el ingreso contrafactual a partir de datos de panel con dos rondas. La metodología plantea que, utilizando un modelo lineal, es posible estimar el ingreso de los hogares en una de las rondas a partir de un vector de características x observado en ambas rondas. En base a los coeficientes y errores estimados en la ecuación, es posible construir el ingreso contrafactual considerando incambiados los retornos a las características observadas y de las inobservadas.

En este trabajo se sigue la metodología comentada, adaptándola a las particularidades del problema, para estimar el ingreso per cápita de los hogares incluidos en la encuesta UTE-INE 2015 a partir de los datos de la ECH 2015.² En primera instancia, a partir de la ECH 2015 se estima el ingreso per cápita de los hogares en función del vector de características seleccionado x_i .

$$y_{iech} = \beta_1' x_{iech} + \varepsilon_{iech} \quad (6.10)$$

Donde $y_{i,ech}$ representa el ingreso per cápita del hogar i en la ECH 2015, β representa el vector de parámetros del modelo, x_{iech} corresponde al vector de características de los hogares en la ECH 2015 y ε_{iech} es el término de error que recoge el efecto de las características no observadas.

A partir de la estimación del ingreso por el método MCO de la ecuación (6.10) se obtienen los coeficientes en la ECH y los residuos estimados (Ecuación 6.11)

$$\hat{\varepsilon}_{i,ech} = y_{i,ech} - \hat{\beta}_{ech}' \cdot x_{i,ech} \quad (6.11)$$

² Fuente de datos que abarca un periodo de tiempo similar y cuenta con variables que es posible replicar en la encuesta UTE-INE 2015.

En segunda instancia, para los hogares de la encuesta UTE-INE 2015 se procede a estimar el ingreso considerando las características observadas en dicha encuesta multiplicadas por los coeficientes estimados en la ECH, más los residuos estimados que son sorteados en la base UTE-INE 2015 de manera aleatoria considerando estratos conformados a partir de tres variables: región, cantidad de integrantes y nivel educativo del jefe de hogar (Ecuación 6.12).

$$\hat{y}_{i,ute} = \hat{\beta}'_{ech} \cdot x_{i,ute} + \tilde{\varepsilon}_{i,ech} \quad (6.12)$$

Para que los resultados presenten cierta estabilidad, el ingreso se estima varias veces, a partir de distintos sorteos de los residuos. Se realizan 1000 sorteos aleatorios y se imputa a cada hogar el resultado del promedio de esos sorteos, siguiendo los planteos de Bierbaum y Gassmann (2012).

Se estima el logaritmo del ingreso per cápita considerando las variables relativas a la composición del hogar, características de la vivienda y de su ubicación y características de los integrantes, en particular del jefe o jefa de hogar. En lo que refiere a la tenencia de equipos y otros bienes durables, se optó por generar un índice -Índice de bienes durables- siguiendo la metodología propuesta por Filmer y Pritchett (2001) y adoptada por Failache, et al. (2016).

A partir de las variables reseñadas, se estima el logaritmo del ingreso per cápita de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\log(Y_{pc,i}) = c + \beta Hog_i + \gamma Viv_i + \delta Int_i + \theta Ubi_i + \varepsilon_i \quad (6.13)$$

Donde $\log(Y_{pc,i})$ corresponde al logaritmo del ingreso per cápita, Hog_i son las características del hogar i . Viv_i e Int_i refieren a las características de la vivienda y los integrantes del hogar i , en tanto Ubi_i señala si el hogar se encuentra ubicado en Montevideo o el interior.

Así, los coeficientes utilizados para la imputación son los que se presentan en la siguiente ecuación (6.14):

$$\begin{aligned} \log(yso_{pred,pc}) = & -0,294.cant_{int} - 0,136.techo + 0,200.bano + 0,156.bs_{dur} \\ & + 0,340.dom_{cama} + 0,279.ss_{dom} + 0,145.perc_{yso} + 0,048.univ \\ & + 0,459.posgrado + 0,284.terc_{comp} + 0,140.terc_{inc} + 0,055.secund \\ & - 0,040.no_{calef} + 0,078.mdeo_{int} + 9,533 \end{aligned} \quad (6.14)$$

6.3.2. Cálculo del consumo de energía eléctrica por usos

El consumo del hogar en kWh en los distintos usos energéticos no surge de manera directa de la encuesta INE-UTE 2015. Estas variables se construyen en base a información proporcionada por la encuesta respecto a la utilización de determinado equipo eléctrico para un uso particular en distintas horas del día y adoptando supuestos sobre la potencia media de los equipos y sus factores de uso.³

El consumo anual de energía eléctrica destinada a determinado uso energético surge de la sumatoria del consumo en distintas épocas del año: verano, invierno y resto del año (Ecuación 6.15):

³ A partir de la encuesta es posible conocer si el hogar, en la hora x y el día y utilizó determinado electrodoméstico para alguno de los usos analizados. El consumo medio por hora del equipo se asigna en base a estudios sobre potencia media en el mercado del electrodoméstico y un factor de uso estimado por parte de las Gerencias de Mercado y Análisis Tarifario de UTE. El procedimiento utilizado se basa, casi en su totalidad, en el desarrollado por técnicos y técnicas de la Gerencia de Análisis Tarifario de UTE.

$$ee_{i,u,est} = \sum_{eq=1}^x ee_{i,u,eq} \cdot x_{i,u} \cdot 4 \cdot n_{est} \cdot ce_{est} \quad (6.15)$$

Donde

- $ee_{i,u,est}$ total de energía eléctrica que el hogar i utiliza en el uso u en los meses de la época est - verano, invierno o resto del año-.
- $ee_{i,u,eq}$ es la energía eléctrica semanal que el hogar i utiliza en el uso u con el equipo eq .
- $x_{i,u}$ es la cantidad de equipos eléctricos utilizados por el hogar i en el uso u .
- n_{est} cantidad de meses de la época considerada.
- ce_{est} coeficiente de estacionalidad de la época considerada.

La energía eléctrica semanal consumida varía de equipo en equipo. En principio, el cálculo genérico es el planteado en la ecuación (6.16):

$$ee_{i,u,eq} = \left(\sum_{h=1}^{24} uso_{i,h,lv} \cdot 5 + \sum_{h=1}^{24} uso_{i,h,sd} \cdot 2 \right) \cdot Pot_{eq} (Wh/h) \cdot fu_{eq} / 1000 \quad (6.16)$$

Donde

- $uso_{h,d,lv}$ es una variable dummy que indica si el hogar i utilizó el equipo en la hora h de lunes a viernes -igual razonamiento para sábados y domingo (sd)-.
- $Pot_{eq} (Wh/h)$ potencia media del equipo por hora de uso.
- fu_{eq} proporción de la hora h que el equipo se encuentra en funcionamiento -factor de uso del equipo eq -.
- Se divide entre 1000 para obtener la información en kWh.

Los usos energéticos incluidos en el análisis son los que se describen a continuación:

- Cocción
- Conservación de alimentos
- Calefacción
- Ventilación y refrigeración de la vivienda
- Lavado y secado de ropa y vajilla
- Calentamiento de agua sanitaria

A partir del procedimiento detallado es posible obtener el consumo promedio mensual de energía eléctrica del hogar (kWh/mes) en estos seis usos energéticos. En base a ello se calculan seis variables correspondientes a la proporción, sobre el total de estos usos, que el hogar destina a un uso particular (ecuación 6.17):

$$p_{uso_k,i} = \frac{kWh/mes_k_i}{\sum_{k=1}^6 kWh/mes_k_i} \quad (6.17)$$

Donde

- $p_{uso_k,i}$ es la proporción que el hogar i destina al uso_k -cocción, conservación de alimentos, calefacción, lavado y secado de ropa y vajilla, ventilación y refrigeración de ambientes y calentamiento de agua sanitaria-.
- kWh/mes_k_i es la energía eléctrica mensual que el hogar i destina al uso_k
- $\sum_{k=1}^6 kWh/mes_k_i$ es el total de energía eléctrica mensual que el hogar destina a los seis usos considerados.

6.3.3. Regiones según temperatura media

En este trabajo, al tratarse de datos de corte transversal, no es posible incorporar las variaciones de temperatura que ocurren a lo largo de un año o entre distintos años, por este motivo, se opta por considerar las diferencias verificadas entre la temperatura media total país y la media departamental en 2015 para la construcción de tres regiones: cálida, fría y templada. Se utilizan los datos de distintas estaciones de medición a partir de la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología.⁴ Las regiones resultantes son:

- Región cálida: Incluye a los departamentos del noroeste del país cuya temperatura promedio se encuentra al menos 1°C por encima del promedio del país -Artigas, Río Negro, Paysandú, Rivera, Salto-.
- Región fría: Departamentos del sureste del país cuya temperatura promedio se encuentra al menos 1°C por debajo del promedio del país -Montevideo, Canelones, Durazno, Florida, Lavalleja, Maldonado y Rocha-.
- Región Templada: Departamentos no incluidos en los dos grupos anteriores en los cuales la temperatura media está en torno al promedio del país -Cerro Largo, Flores, Colonia, Tacuarembó, Treinta y Tres, San José y Soriano-.

7. Resultados

7.1. Análisis descriptivo

Previo a analizar los resultados que surgen de la modelización, se entiende conveniente comenzar con el examen descriptivo de los datos, con énfasis en las variables incluidas en el modelo. En la Tabla 3 se presenta un resumen de las estadísticas descriptivas -media y desvío estándar- de las principales variables, considerando de manera desagregada los datos para Montevideo e interior.

⁴ Para aquellos departamentos en los cuales existe más de una estación meteorológica se toma el promedio de las mismas.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas según región, año 2015 (*)

	Total país	Montevideo	Interior
Total de hogares**	678.628	361.816	316.449
Consumo promedio mensual de energía eléctrica (kWh)	253 (167)	270 (181)	235 (146)
Ingreso per cápita (pesos uruguayos, agosto 2015)	28.778 (16.650)	34.536 (18.373)	22.194 (11.274)
Cantidad promedio de integrantes del hogar	2,7 (1,5)	2,6 (1,4)	2,8 (1,5)
Menores de 10 años (en %)			
Ninguno	77,4%	81,6%	72,6%
Uno	14,5%	11,6%	17,8%
Más de uno	8,1%	6,8%	9,6%
Tamaño de la vivienda (en m2)	75,4 (41,1)	78,6 (44,9)	71,8 (36,0)
Tipo de vivienda (en %)			
Casa	69,9%	50,1%	92,6%
Apartamento	30,1%	49,9%	7,4%
Material preponderante del techo (en %)			
Planchada de hormigón u otro	73,1%	90,5%	53,2%
Chapa, quincho, otro material precario	27,0%	9,6%	46,9%
Cantidad de equipos de aire acondicionado (en %)			
Ninguno	61,6%	64,7%	58,0%
Uno	24,8%	20,9%	29,2%
Más de uno	13,6%	14,4%	12,7%
Cantidad de calefones (en %)			
Ninguno	14,6%	8,0%	22,2%
Uno	75,8%	79,4%	71,7%
Más de uno	9,6%	12,6%	6,1%
Electricidad como principal fuente en cocción (en %)	6,8%	10,5%	2,5%
Electricidad como principal fuente en calefacción (en %)	24,1%	27,9%	19,8%
Participación de los usos de la energía eléctrica (en %)			
Cocción	5,7% (8,5%)	7,2% (9,5%)	4,1% (6,7%)
Conservación de alimentos	36,5% (17,9%)	34,4% (16,2%)	38,8% (19,3%)
Calefacción	5,5% (10,9%)	6,8% (12,8%)	4,1% (7,9%)
Lavado de ropa y vajilla	7,5% (7,6%)	7,9% (8,0%)	7,0% (7,2%)
Ventilación	8,4% (10,8%)	5,9% (8,1%)	11,3% (12,6%)
Calentamiento de agua sanitaria	36,0% (17,2%)	37,5% (16,5%)	34,2% (17,8%)

* Valores entre paréntesis corresponden al desvío estándar

** Total de Hogares ponderados

Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

Se observa que los hogares del interior del país presentan, en media, un consumo mensual de energía eléctrica (235 kWh) y un ingreso per cápita (\$22.125) más bajo que el constatado para Montevideo - 270 kWh y \$34.356, respectivamente-. En lo que refiere a la composición del hogar, en dicha región, se constata una mayor proporción de hogares con niños y niñas menores de 10 años. Respecto a las

características de la vivienda, destaca la preponderancia de hogares que residen en casa en el interior (93%) en relación a la proporción observada en Montevideo (50%).

Finalmente, en el caso de los usos energéticos se observan diferencias entre Montevideo e interior respecto a la proporción de hogares que utilizan energía eléctrica como principal fuente para cocción y calefacción -10,5% y 27,9% en Montevideo y 2,5% y 19,8% en el interior, cocción y calefacción, respectivamente. Por su parte, en referencia a la participación relativa de los seis usos energéticos considerados, el calentamiento de agua sanitaria y la conservación de alimentos son los que presentan mayor participación -36% y 36,5% respectivamente para el total país. Los únicos usos en que el interior del país presenta una mayor participación que la verificada en Montevideo son conservación de alimentos (38,8%) y ventilación y refrigeración de ambientes (11,3%), este último puede asociarse a la mayor proporción de hogares con tenencia de equipos de aire acondicionado -42,0% y 35,3% interior y Montevideo respectivamente-.

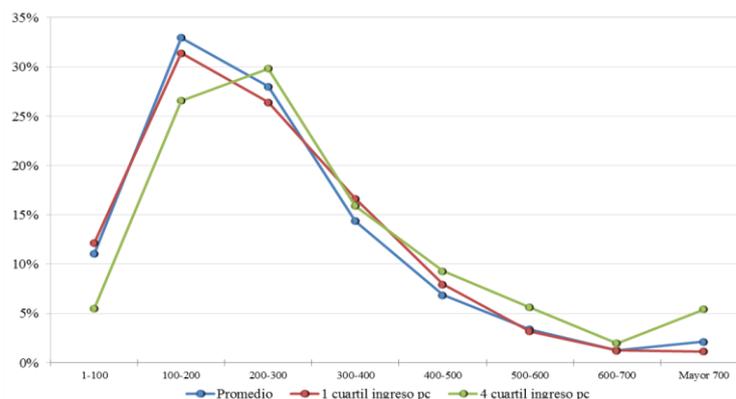
A partir de aquí se consideran dos niveles de desagregación, por un lado el cuartil de consumo de energía eléctrica en kWh -construido a partir del consumo promedio mensual en el año 2015- y por otro, la región en que se ubica la vivienda -Montevideo e interior-.

Los cuartiles de consumo de energía eléctrica se construyen a nivel de todo el país dando como resultado los siguientes umbrales:

- 1 cuartil: Hogares con consumo menor o igual a 143 kWh/mes
- 2 cuartil: Consumo entre 143 y 217 kWh/mes
- 3 cuartil: Consumo entre 217 y 315 kWh/mes
- 4 cuartil: Hogares cuyo consumo supera los 315 kWh/mes

En el Gráfico 3 se muestra la proporción de hogares según el nivel de consumo promedio considerando la totalidad de los hogares y los hogares del primer y cuarto cuartil de ingreso per cápita. Se observa que los hogares del último cuartil de ingresos presentan un leve sesgo hacia consumos más elevados de energía eléctrica. Sin embargo, la diferencia con el promedio de los hogares, incluso con los hogares del primer cuartil de ingreso, no alcanza los cinco puntos porcentuales, con excepción del nivel más bajo y más alto de consumo. Esta aproximación inicial, afianza la inquietud respecto a la insuficiencia del ingreso per cápita, por sí solo, para explicar el mayor consumo de energía eléctrica de un hogar.

Gráfico 3. Proporción de hogares (en %) según rango de consumo promedio mensual de energía eléctrica (en kWh) por cuartil de ingreso per cápita

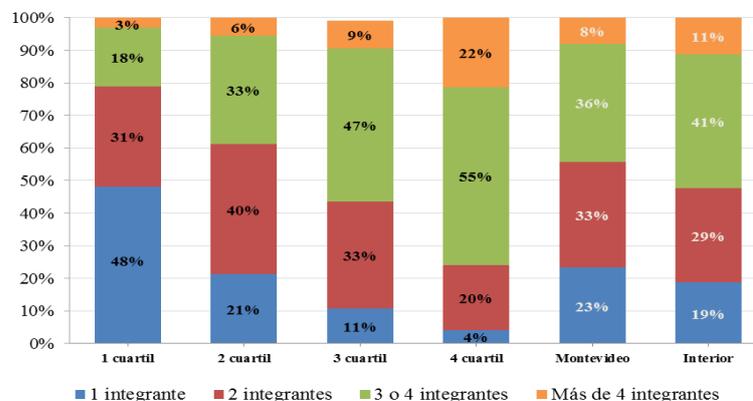


Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

Por otro lado, en el Gráfico 4 se destaca que mientras el 22% de los hogares en el último cuartil de consumo tienen más de cuatro miembros, esta proporción se reduce al 3% para el rango más bajo. Por

otra parte, casi la mitad de los hogares ubicados en el primer cuartil de consumo están compuestos por un solo integrante (48%).

Gráfico 4. Hogares según cantidad de integrantes del hogar por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)

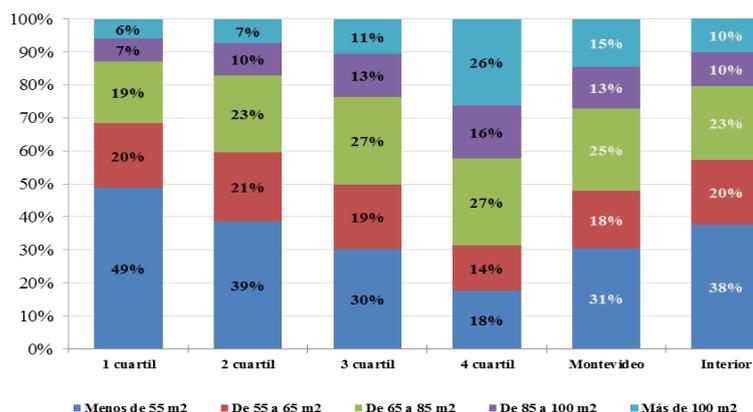


Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

En relación a las características de la vivienda, es posible destacar dos vías por las cuales las mismas pueden influenciar el consumo de energía eléctrica de un hogar. Por un lado, el tamaño de la vivienda, impacta directamente sobre el consumo en los usos iluminación y refrigeración, ventilación y calefacción de ambientes. Por otro lado, los materiales de construcción de pisos, paredes y techos, la condición de los cerramientos y el tipo de vivienda -casa o apartamento- dan cuenta de las condiciones de aislación térmica (Picción, et al, 2014, Kasa, 2010).

El Gráfico 5 presenta información respecto al tamaño de la vivienda, aproximado a partir de los metros cuadrados construidos. Mientras en el primer cuartil de consumo cerca del 49% de los hogares residen en viviendas de menos de 55 m², entre los hogares ubicados en el cuartil de mayor consumo dicha proporción se reduce al 18%. No se observan importantes diferencias entre Montevideo y el interior del país.

Gráfico 5. Proporción de hogares según metros cuadrados construidos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)

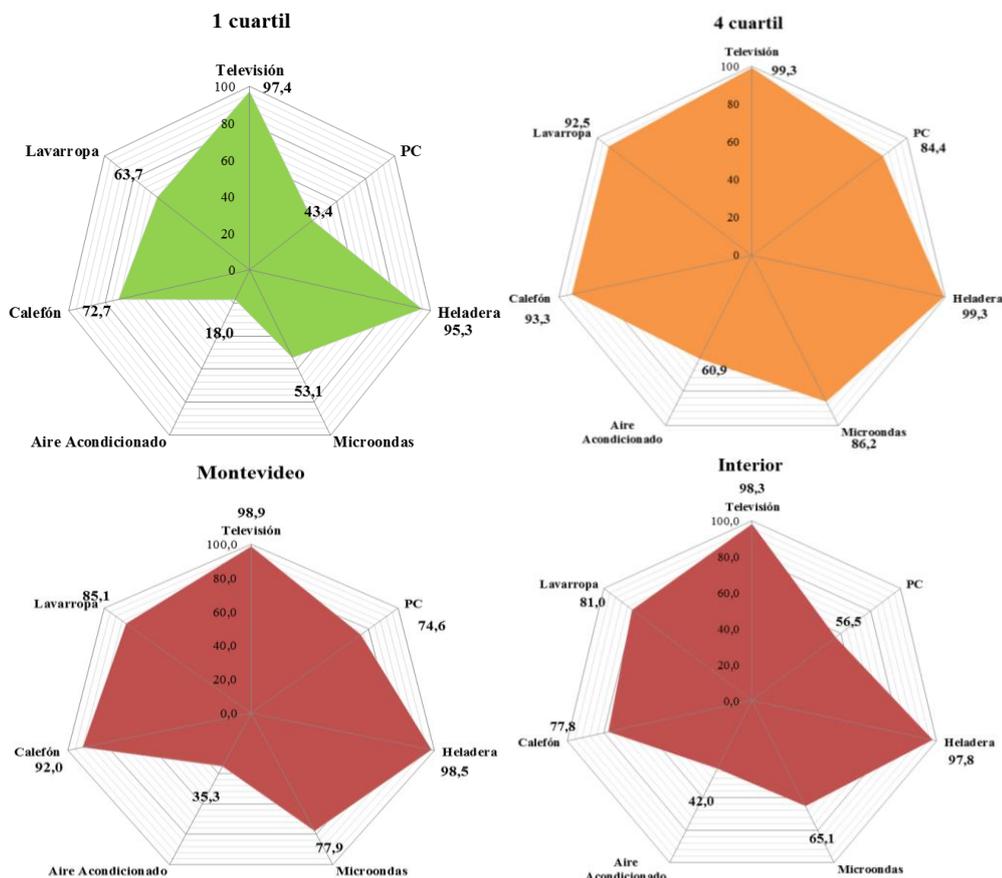


Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

La cantidad de artefactos que utilizan electricidad para funcionar se relaciona estrechamente con el consumo mensual de energía eléctrica de los hogares. Con excepción de algunos equipos, particularmente heladera y televisión, existen diferencias marcadas entre los dos cuartiles (Gráfico 6). Al menos el 80% de los hogares pertenecientes al rango de mayores consumos poseen todos los

electrodomésticos considerados, exceptuando los equipos de aire acondicionado (60,9%). Dicho resultado se reduce sustancialmente para los hogares del primer cuartil -superan el 70% de tenencia únicamente para tres equipos eléctricos: heladera, televisión y calefón-. Por su parte, en el interior del país, con excepción de los equipos de aire acondicionado, existe una menor proporción de hogares que declaran poseer los equipos eléctricos analizados. La mayor cantidad de hogares con equipo de aire acondicionado en esta región puede asociarse al uso ventilación y refrigeración de la vivienda producto de la mayor temperatura media que experimenta el norte del país en los meses de verano.

Gráfico 6. Tenencia de electrodomésticos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)



Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

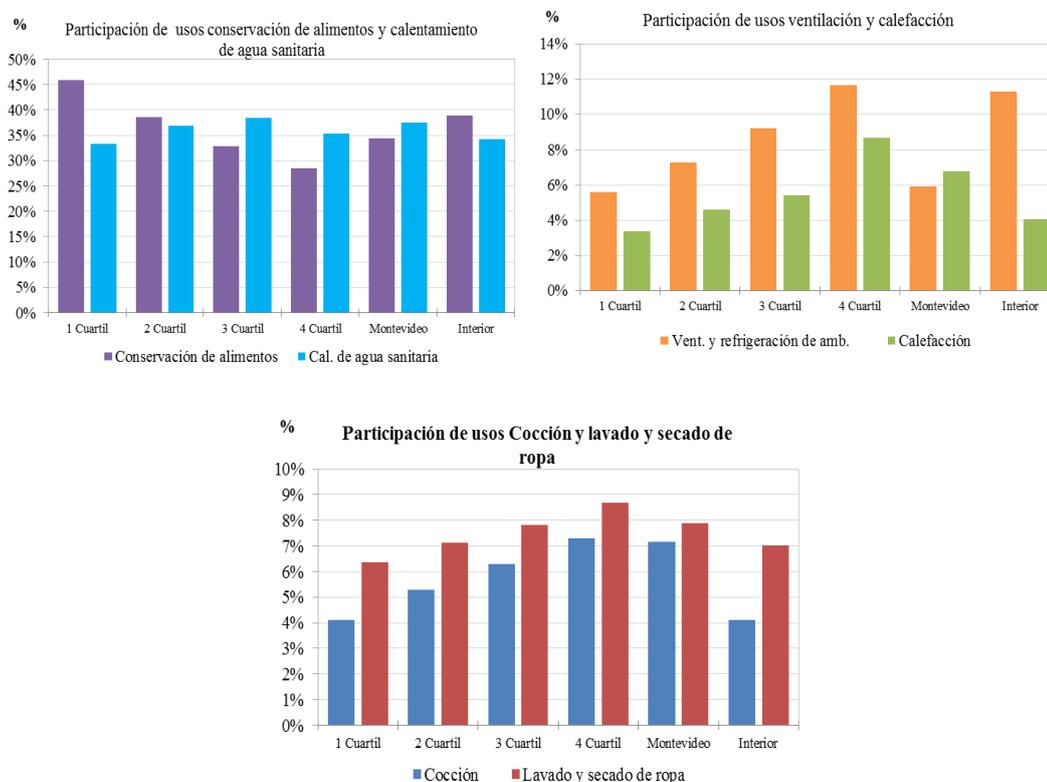
Finalmente, la forma en que los hogares distribuyen su consumo entre los distintos usos energéticos difiere por diversos motivos: elección de energéticos alternativos, no se cubre alguno de los usos energéticos o se utiliza la energía eléctrica con distinta intensidad. Es esperable que aquellos hogares con una mayor participación de usos en los cuales, en media, esta fuente no es la principal o usos que una alta proporción de hogares declaran no cubrir, presenten un mayor consumo promedio de energía eléctrica.

Se observa que, la participación de los usos conservación de alimentos y calentamiento de agua sanitaria, los cuales son cautivos o semi cautivos de la energía eléctrica, muestran una participación decreciente o estable con los cuartiles de consumo, en tanto en los restantes usos energéticos, principalmente calefacción y refrigeración de la vivienda, la participación es creciente (Gráfico 7).

El uso ventilación y refrigeración es cautivo de la energía eléctrica, por tanto, el incremento en su participación en los hogares de mayor consumo puede indicar tanto la incorporación de este uso energético o un uso más intensivo del mismo. Por su parte, en el uso calefacción, solo 24% de los

hogares declaran usar energía eléctrica como principal fuente de energía para calefaccionar, por tanto, el incremento de su participación incluye los elementos señalados para el uso ventilación y refrigeración y también el remplazo de otras fuentes energéticas.

Gráfico 7. Participación de los usos energéticos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)



Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

Nota: Se consideran la participación relativa de los seis usos considerados de acuerdo a la ecuación 6.24.

A partir del análisis descriptivo se destacan las siguientes características del consumo residencial de energía eléctrica:

- el ingreso per cápita es un factor relevante para explicar el consumo de energía eléctrica, pero es necesario incorporar otras variables al análisis. En particular, deben considerarse aspectos relativos a la composición del hogar y el tamaño de la vivienda.
- la tenencia de algunos equipos eléctricos muestra diferencias entre los hogares de menor y mayor consumo. Especialmente, interesa destacar la diferencia en la tenencia de calefón y aire acondicionado.
- los usos referidos al confort térmico del hogar presentan una mayor participación en los hogares de mayor consumo respecto al resto de los hogares

7.2. Estimación por medio de MCO

En este apartado se presentan los resultados de la estimación por MCO del modelo planteado en la sección 6.1. La ecuación estimada sigue una forma logarítmica como la que se expresa en la ecuación 7.1:

$$\begin{aligned} \log(ee_{mes})_i = & \beta_0 + \beta_1 \log(Y_{pc})_i + \beta_2 \text{May}10_i + \beta_3 \text{men}10_i + \beta_4 \log(\text{tam}_{viv})_i + \beta_5 \text{tipo}_{viv}_i \\ & + \beta_6 \text{mat}_{techo}_i + \beta_7 \text{cant}_{aa}_i + \beta_8 \text{cant}_{calefones}_i + \beta_9 \text{P}_{cocc}_i + \beta_{10} \text{P}_{calef}_i \\ & + \beta_{11} \text{P}_{lav}_i + \beta_{12} \text{P}_{vent}_i + \beta_{13} \text{P}_{acs}_i + \beta_{14} \text{reg}_{cálida}_i + \beta_{15} \text{reg}_{fría}_i + \mu_i \end{aligned} \quad (7.1)$$

Donde

i representa a los hogares. $\log(Y_{pc})$ es el logaritmo del ingreso per cápita del hogar, estimado a partir de la metodología planteada en el apartado 6.3.1. $\text{May}10$ y $\text{men}10$ son la cantidad de integrantes del hogar de 10 o más años y menores de 10 años respectivamente. $\log(\text{tam}_{viv})$ corresponde al logaritmo del tamaño de la vivienda medido en metros cuadrados, tipo_{viv} es una variable binaria que toma el valor 1 si el hogar reside en una casa y 0 si residen en apartamento y mat_{techo} indica con valor 1 si los materiales constructivos del techo de la vivienda son precarios. Por su parte, cant_{aa} y $\text{cant}_{calefones}$ indican la cantidad de equipos de aire acondicionado y de calefones que tiene el hogar, respectivamente. $\text{reg}_{cálida}$ y $\text{reg}_{fría}$ son variables binarias que toman valor 1 si el hogar reside en un departamento ubicado en la región cálida o fría respectivamente y 0 en otro caso.

En el caso de las variables correspondientes a la participación de los seis usos energéticos considerados, dado que la inclusión de todos ellos genera un problema de multicolinealidad, se decide omitir la variable que indica la proporción de energía eléctrica destinada a la conservación y refrigeración de alimentos. En este sentido, el coeficiente asociado a las variables incluidas en la estimación se interpreta como el efecto sobre el consumo residencial de energía eléctrica de la variación en 1% en el uso x en detrimento del uso conservación y refrigeración de alimentos. Se decide omitir esta variable porque corresponde al uso de energía eléctrica en que mayor cantidad de hogares incluidos en la encuesta declaran tener un consumo distinto a cero (98,5%).

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la estimación de la ecuación (7.1). En la primera columna se muestran los resultados de la estimación MCO considerando todos los hogares incluidos en la muestra. Las restantes columnas presentan la estimación MCO para tres sub-muestras, considerando niveles socioeconómicos construidos a partir del ingreso per cápita: bajo -hogares ubicados en el primer cuartil de ingresos-, medio -hogares ubicados en el segundo y tercer cuartil de ingresos- y nivel socioeconómico alto -cuarto cuartil de ingresos-.

Tabla 4. Resultados de las estimaciones por MCO

	MCO (Toda la muestra)		Nivel socioeconómico bajo		Nivel socioeconómico medio		Nivel socioeconómico alto	
	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)	Coefficiente	Intervalo de confianza	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)
Log (Ingreso per cápita)	0.368*** (0.0297)	(0.309 0.426)	0.414*** (0.0866)	(0.244 0.584)	0.417*** (0.0711)	(0.278 0.557)	0.329*** (0.0638)	(0.204 0.454)
Cantidad de integrantes mayores de 10 años	0.256*** (0.0100)	(0.237 0.276)	0.219*** (0.0236)	(0.172 0.265)	0.290*** (0.0147)	(0.261 0.319)	0.248*** (0.0197)	(0.210 0.287)
Cantidad de integrantes menores de 10 años	0.201*** (0.0150)	(0.172 0.231)	0.198*** (0.0277)	(0.144 0.253)	0.209*** (0.0247)	(0.161 0.258)	0.151*** (0.0342)	(0.084 0.218)
Log (Tamaño de la vivienda en m ²)	0.065*** (0.0243)	(0.018 0.113)	0.043 (0.0561)	(-0.067 0.153)	0.080** (0.0349)	(0.012 0.148)	0.104** (0.0429)	(0.020 0.188)
Tipo de vivienda	0.108*** (0.0200)	(0.069 0.147)	0.101 (0.0697)	(-0.036 0.238)	0.098*** (0.0262)	(0.046 0.149)	0.127*** (0.0360)	(0.056 0.197)
Material predominante en el techo	0.021 (0.0234)	(-0.025 0.067)	0.051 (0.0434)	(-0.034 0.136)	-0.025 (0.0316)	(-0.087 0.037)	0.108 (0.0793)	(-0.047 0.264)
Cantidad de aires acondicionados	0.081*** (0.0128)	(0.056 0.107)	0.152*** (0.0381)	(0.077 0.227)	0.084*** (0.0244)	(0.036 0.132)	0.071*** (0.0157)	(0.040 0.102)
Cantidad de calefones	0.172*** (0.0198)	(0.133 0.211)	0.219*** (0.0469)	(0.127 0.311)	0.166*** (0.0323)	(0.103 0.229)	0.141*** (0.0304)	(0.081 0.201)
Prop. de consumo en cocción de alimentos	0.632*** (0.111)	(0.415 0.849)	0.922*** (0.293)	(0.346 1.498)	0.814*** (0.143)	(0.532 1.095)	0.359* (0.193)	(-0.020 0.738)
Prop. de consumo en calefacción	0.649*** (0.0955)	(0.462 0.836)	-0.336 (0.288)	(-0.902 0.230)	0.510*** (0.133)	(0.249 0.771)	0.944*** (0.158)	(0.633 1.254)
Prop. de consumo en lavado y secado	0.301** (0.118)	(0.069 0.533)	0.339 (0.251)	(-0.154 0.832)	0.340* (0.189)	(-0.031 0.711)	0.279 (0.202)	(-0.119 0.676)
Prop. de consumo en ventilación	0.287*** (0.102)	(0.086 0.488)	-0.003 (0.171)	(-0.338 0.332)	0.370** (0.167)	(0.043 0.697)	0.408* (0.213)	(-0.010 0.826)
Prop. de consumo en calentamiento de agua sanitaria	0.211*** (0.0716)	(0.071 0.351)	0.134 (0.134)	(-0.129 0.397)	0.210** (0.0955)	(0.023 0.398)	0.368* (0.197)	(-0.019 0.754)
Región cálida	0.022 (0.0334)	(-0.044 0.087)	-0.067 (0.0581)	(-0.181 0.047)	0.096** (0.0430)	(0.012 0.181)	-0.137 (0.102)	(-0.338 0.064)
Región fría	0.005 (0.0294)	(-0.053 0.062)	-0.148** (0.0604)	(-0.266 -0.029)	0.080** (0.0346)	(0.012 0.148)	0.051 (0.0828)	(-0.111 0.214)
Constante	0.194 (0.285)	(-0.365 0.753)	0.086 (0.850)	(-1.582 1.755)	-0.496 (0.729)	(-1.926 0.934)	0.379 (0.631)	(-0.860 1.618)
Observaciones	2,994		751		1,496		747	
R ²	0.487		0.391		0.473		0.590	

Errores estándar robustos entre paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

7.2.1. Resultados para toda la muestra

En primera instancia se analizan detalladamente los resultados de la estimación MCO para la totalidad de los hogares (Tabla 4, Columna 1).

Se observa que el ingreso per cápita tiene un impacto significativo sobre el consumo de energía eléctrica -elasticidad ingreso de 0,37⁻⁵, situándose en un nivel intermedio al resultado presentado por los antecedentes nacionales Amarante y Ferrando (2011) y Gerschuni (2013).⁶

Respecto a la composición del hogar, puede verse que la cantidad de integrantes de 10 o más años presenta un efecto positivo y significativo, un integrante adicional produce un incremento de 25,6% del consumo de energía eléctrica. Se controla el modelo por la cantidad de niños y niñas menores de 10 años, pues se entiende que el consumo de energía eléctrica difiere entre distintos grupos etarios, en particular, en niños y niñas y mayores de 65 años.⁷ Se encuentra que el efecto de un o una integrante menor a 10 años es positivo pero menor al resultante para los y las mayores de 10 años (0,201). Estos resultados se encuentran alineados con la literatura.⁸

Por otro lado, respecto a las características de la vivienda, se espera que un mayor tamaño se asocie a un mayor consumo de energía eléctrica, principalmente por su impacto en los usos de calefacción, ventilación e iluminación. Los resultados indican la existencia de efecto positivo del tamaño de la vivienda sobre el consumo de energía eléctrica del hogar, sin embargo el mismo es moderado -un incremento de 1% en los metros cuadrados de la vivienda genera un aumento de 0,06% en el consumo promedio de energía eléctrica de los hogares-. En lo que refiere al tipo de vivienda se encuentra que los hogares que residen en casa muestran un consumo 10,8% mayor que aquellos que residen en un apartamento. Esto puede asociarse como el hecho de que en los edificios de apartamentos la envolvente térmica suele ser superior al de una casa (Picción, et al., 2014; Proyecto Sech-Spahousec, 2011).⁹

Las variables relativas a la cantidad de equipos de aire acondicionado y calefones son significativas y tienen un impacto positivo sobre el consumo de energía eléctrica. De acuerdo al modelo estimado, cada equipo de aire acondicionado adicional incrementa 8,2% el consumo de energía eléctrica mensual del hogar, en tanto por cada calefón extra el incremento es de 17,2%. Esta información es relevante pues estos dos equipos, en particular el calefón, forman parte de campañas de recambio de equipos en función de su incorporación al Programa de Normalización y Etiquetado del Proyecto de Eficiencia Energética -Ley N° 18.597 de Uso Eficiente de la Energía-.

⁵ El resultado refiere a la elasticidad ingreso de corto plazo porque se controla por la tenencia de algunos equipos eléctricos, es decir, se asume un stock fijo de equipos.

⁶ En el trabajo de Amarante y Ferrando (2011) se estima que la elasticidad ingreso del gasto de energía eléctrica es de 0,25. Por su parte, la elasticidad ingreso de corto plazo estimada por Gerschuni (2013) es de 0,52.

⁷ La información disponible no permite considerar separadamente a este grupo de edad.

⁸ Referente al efecto diferencial sobre el consumo de los niños y niñas frente al consumo de un adulto, Engel define la equivalencia a escala adulta, lo cual es recogido por Brown y Deaton (1972) y Deaton y Zaidi (2002).

⁹ La envolvente térmica hace referencia a las condiciones de cerramiento y aislación de la vivienda respecto al exterior. La evaluación correcta de las condiciones de aislación térmica requiere contar con datos sobre las condiciones de los cerramientos de la vivienda -puertas y ventanas-, material de las paredes y piso, entre otras, variables no disponibles en la encuesta UTE-INE 2015.

En lo que refiere a la participación de los distintos usos energéticos, se observa que el incremento en la participación de cualquiera de los usos considerados respecto a la participación del uso conservación de alimentos, que es la variable omitida, tiene un efecto significativo y positivo sobre el consumo mensual de energía eléctrica residencial. Sin embargo, se destaca que las variables asociadas a los usos energéticos donde la energía eléctrica no es la fuente principal -cocción y calefacción-, son los que presentan mayor influencia -0,632 y 0,649 respectivamente-. Esto significa que si la participación del uso calefacción en el total se incrementa en 1%, reduciéndose el uso conservación de alimentos en dicha proporción, se incrementa el consumo de energía eléctrica en 0,65%.

En cuanto a las variables regionales construidas a partir de las diferencias en la temperatura existentes entre las regiones, no se encuentran efectos estadísticos significativos. Este resultado podría ser explicado por la existencia de fuerzas actuando de manera contrapuesta que se compensan al considerar el consumo promedio mensual. Los departamentos ubicados en la zona cálida, realizan un mayor consumo en los meses de verano vinculado a la refrigeración de ambientes, sin embargo en los meses de invierno se ven expuestos a temperaturas más elevadas por tanto, realizan un menor consumo por motivo calefacción que los hogares expuestos a temperaturas medias más bajas.

7.2.2. Resultados para las sub-muestras según nivel de ingreso

Hasta aquí se han presentado los resultados referentes a un hogar con consumo promedio sin considerar diferencias entre los hogares derivadas de su nivel socioeconómico. Sin embargo, como puede observarse en las columnas 2,3 y 4 de la Tabla 4, existen diferencias en los resultados cuando se consideran el nivel socioeconómico del hogar.

En lo que refiere a la elasticidad ingreso se observa que la estimación puntual de los tres niveles socioeconómicos se encuentra dentro del intervalo de confianza correspondiente a la estimación MCO para toda la muestra, por tanto no es posible decir que dichas estimaciones son significativamente distintas a la misma. Sin embargo, se entiende que estos resultados son un buen indicativo. En este sentido, los coeficientes decrecientes -coeficiente de 0,414 y 0,329 para el nivel socioeconómico bajo y alto respectivamente-, dan indicios de un menor efecto del ingreso per cápita sobre el consumo promedio de energía eléctrica de los hogares de mayor nivel socioeconómico.

Respecto a la cantidad de integrantes de 10 o más años en todos los casos la variable muestra un efecto significativo y positivo sobre el consumo residencial de energía eléctrica. Se observa que la estimación del nivel bajo (0,219) y del nivel medio (0,290), se encuentran fuera del intervalo de confianza de la estimación resultante del análisis sobre toda la muestra. Por lo tanto, en ambos casos es posible considerar que las estimaciones son estadísticamente diferentes. En los hogares de nivel socioeconómico bajo un integrante adicional implica un aumento de la demanda inferior al que se produce en los hogares de ingreso medio y alto - 22%, 29% y 25%, bajo, medio y alto respectivamente-.

Por otro lado, considerando a los y las integrantes menores de 10 años, si bien dicha variable es positiva y significativa para todos los niveles socioeconómicos, solo para el nivel alto, la estimación es significativamente distinta de la que surge para un hogar de consumo promedio -0,201 y 0,151 respectivamente-. Estos resultados indican una mayor diferencia entre un integrante adicional mayor y un integrante menor a 10 años en los hogares de mayores ingresos.

Respecto al efecto de las características de la vivienda, tanto el tipo de vivienda como su tamaño, no presentan un efecto estadísticamente significativo en el consumo de los hogares de ingreso bajo. En el caso de los hogares de ingreso medio y alto ambas variables impactan positiva y significativamente -coeficiente de 0,08 y 0,098 en los hogares de ingreso medio y 0,104 y 0,127 en los hogares de ingreso alto, para tamaño y tipo de vivienda respectivamente-. Ambas estimaciones se encuentran dentro del intervalo de confianza de la estimación MCO considerando toda la muestra, sin embargo en el caso de los hogares con consumo alto, esta se ubica muy cercana al límite superior de dicho intervalo. Al igual que lo constatado para el ingreso per cápita, si bien no se pudo afirmar que existe un efecto estadísticamente diferente, es posible observar una tendencia creciente en dichas variables en función del nivel socioeconómico del hogar.

Un resultado adicional a presentar refiere al impacto diferencial de la cantidad de equipos de aire acondicionado y calefones que se verifica en el grupo de ingresos más bajos. Los coeficientes asociados a ambas variables son estadísticamente diferentes a los hallados en la estimación para la totalidad de la muestra y a los correspondientes a los otros dos niveles socioeconómicos evaluados. En hogares de ingresos bajos, la presencia adicional de un equipo de aire acondicionado o de un calefón, tiene un mayor impacto sobre su consumo de energía eléctrica que en los restantes niveles socioeconómicos -15,2% y 21,9%, respectivamente frente a 7,1% y 14,1% en el grupo de mayores ingresos-. Estos elementos probablemente dan cuenta de la diferencia en el stock de equipos eléctricos existentes a la interna de ambos grupos. El grupo de ingresos más altos tiene un mayor stock de equipos -92,2% de los hogares tienen al menos un calefón y el 57,7% cuentan con uno o más equipos de aire acondicionados. Por su parte, el grupo de menores ingresos, presenta un stock de equipamiento eléctrico más restringido -69,4% y 21,2% declaran al menos un calefón y un equipo de aire acondicionado, respectivamente- por tanto existe un margen más elevado de crecimiento de su consumo asociado a la mayor incorporación de equipamiento eléctrico.

En lo que refiere a la participación de los usos energéticos, llaman la atención algunos resultados. En primer lugar, el importante impacto del incremento de la participación del uso cocción en los hogares del primer cuartil de ingresos: un incremento de 1% en la participación de dicho uso respecto al uso conservación de alimentos incrementa la demanda de energía en 0,92%. Por otro lado, la participación de los restantes usos no es significativa para explicar el consumo de energía eléctrica en este grupo de hogares. En los hogares de menores ingresos, a diferencia de los restantes niveles socioeconómicos, el uso conservación de alimentos es el que presenta el mayor peso -40,9% frente a 37,1% y 30,7% en los restantes grupos-, seguido por el uso calentamiento de agua sanitario -35,9%-. En este sentido, los resultados hallados pueden relacionarse a la mayor participación de los usos cautivos de la energía eléctrica más básicos. Por tanto, el incremento en la participación de usos en los que existe mayor competencia entre energéticos tiene asociado un impacto mayor que en el nivel socioeconómico más alto, donde los hogares tienden a satisfacer una mayor cantidad de usos energéticos a partir de energía eléctrica.

Por su parte, en el caso de los hogares de mayor nivel de ingresos (Tabla 4, Columna 4), se observa que todas las variables relacionadas a los usos energéticos con excepción del uso lavado y secado de ropa son estadísticamente significativas. En particular, en este caso el uso calefacción es el que presenta el mayor efecto sobre el consumo de energía eléctrica seguido por el uso refrigeración de ambientes, ambos asociados al confort térmico. En el caso de los hogares de ingreso medio, todas las variables asociadas a los usos energéticos son estadísticamente significativas. Sin embargo no son estadísticamente diferentes de la estimación para la totalidad de la muestra (Tabla 4, Columna 1).

Finalmente en lo que refiere al efecto de las diferencias regionales, los resultados son heterogéneos. En el grupo de hogares de bajo nivel socioeconómico el efecto de residir en la región fría, respecto a la templada, presenta un signo negativo y significativo sobre el consumo de energía eléctrica. En tanto, en los hogares de ingreso medio, el efecto coincide con el esperado inicialmente, es decir residir en la región fría o cálida respecto a la región templada tiene un efecto positivo sobre el consumo mensual de energía del hogar. Es importante tener presente, que la distribución de los hogares entre las tres regiones consideradas difiere para los niveles socioeconómicos considerados, mientras que en el nivel bajo, el 51% de los hogares residen en la zona fría, en los hogares de nivel socioeconómico medio y alto dicha proporción asciende a 73,2% y 89% respectivamente. En el caso de los hogares de ingreso alto, las variables regionales no son estadísticamente significativas.

7.2.3. Síntesis

A partir del análisis se pudo constatar que, si bien el ingreso per cápita tiene un efecto positivo y significativo en el consumo de energía eléctrica de los hogares, no se encontraron diferencias significativas en el efecto del ingreso per cápita cuando se agrupan los hogares por niveles socioeconómicos. Al comparar los coeficientes estimados se obtiene un indicio respecto a un posible efecto decreciente del ingreso per cápita sobre el consumo de energía eléctrica a mayor nivel socioeconómico.

Por otro lado, la composición del hogar, el tamaño y tipo de vivienda y la tenencia de calefón y aire acondicionado presentan un impacto significativo en el consumo promedio mensual de energía eléctrica de los hogares, y además se observan diferencias entre los niveles socioeconómicos. En particular, mientras que en los hogares de nivel socioeconómico bajo las variables relativas a la tenencia de equipamiento eléctrico -calefón y aire acondicionado- tienen un mayor impacto que en el resto de los grupos, en los hogares de mayores ingresos las variables que presentan un mayor efecto diferencial son las asociadas al tamaño y tipo de vivienda. Por su parte, en los hogares de ingreso medio, destaca el mayor efecto de la composición del hogar, en particular el relacionado con la presencia de integrantes de 10 y más años.

Respecto a la participación de los usos energéticos, aquellos con mayor impacto en el consumo de energía eléctrica son cocción y calefacción. En referencia a este último, su efecto es significativamente mayor en los hogares de ingresos más altos, lo cual se asocia con la explicación planteada sobre un uso preferentemente asociado al confort térmico en este grupo de hogares.

Finalmente, las variables regionales no son estadísticamente significativas en la estimación para toda la muestra y los resultados son heterogéneos al tomar distintos niveles socioeconómicos.

7.3. Estimación de regresiones cuantílicas

Como se mencionó, la estimación en base al método de MCO puede encubrir potenciales comportamientos diferenciados a lo largo de la distribución del consumo de energía eléctrica de los hogares. Por este motivo, se decide complementar el análisis utilizando la metodología de regresiones cuantílicas desarrollada por Koenker y Bassett (1978).

La Tabla 5 presenta los resultados de las estimaciones del modelo utilizando el método de regresiones cuantílicas. En particular, se presentan los resultados para los cuantiles Q10,

Q25, Q50, Q75 y Q90 -columnas 2 a 6 de la Tabla 5-. En tanto, con fines comparativos se vuelven a presentar los resultados de la estimación MCO y los intervalos de confianza en la primera columna. En el Anexo, se incluye un resumen de los resultados estadísticos de los test realizados para contrastar la igualdad de los parámetros entre las regresiones cuantílicas.

Por su parte, los Gráfico 8 a Gráfico 12 muestran de manera resumida la información proporcionada por la Tabla 5. El efecto condicional de una variable particular se representa en el eje de las ordenadas, en tanto los cuantiles de interés son representados en el eje de las abscisas. El área sombreada corresponde al intervalo de confianza de los coeficientes de las regresiones cuantílicas. Por su parte, la línea horizontal con círculos corresponde al valor del estimador que surge de la estimación por MCO y las líneas horizontales punteadas marcan los intervalos de confianza de la estimación MCO.¹⁰

Para cada variable, las estimaciones puntuales se interpretan como el impacto que produce el cambio de una unidad de la variable explicativa en el logaritmo del consumo promedio mensual de energía eléctrica en los hogares cuyo consumo se encuentra en el θ -cuantil, manteniendo fijas el resto de las variables explicativas.

¹⁰ Los intervalos de confianza fueron calculados con un nivel de significación de 95%.

Tabla 5. Resultados de las estimaciones MCO y regresiones cuantílicas

Log (Consumo mensual de energía eléctrica)	MCO (1)		Q10 (2)	Q25 (3)	Q50 (4)	Q75 (5)	Q90 (6)
	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)					
Log (Ingreso per cápita)	0.368*** (0.0297)	(0.309 0.426)	0.443*** (0.0627)	0.390*** (0.0372)	0.330*** (0.0295)	0.276*** (0.0318)	0.279*** (0.0534)
Cantidad de integrantes mayores de 10 años	0.256*** (0.0100)	(0.236 0.276)	0.272*** (0.0214)	0.280*** (0.0126)	0.262*** (0.0097)	0.231*** (0.0010)	0.216*** (0.0171)
Cantidad de integrantes menores de 10 años	0.201*** (0.0150)	(0.172 0.231)	0.193*** (0.0302)	0.204*** (0.0186)	0.207*** (0.0148)	0.191*** (0.0159)	0.188*** (0.0270)
Log (Tamaño de la vivienda en m ²)	0.065*** (0.0243)	(0.017 0.113)	0.047 (0.0469)	0.027 (0.0308)	0.080*** (0.0233)	0.120*** (0.0254)	0.125*** (0.0418)
Tipo de vivienda	0.108*** (0.0200)	(0.068 0.147)	0.024 (0.0421)	0.078*** (0.0250)	0.090*** (0.0210)	0.111*** (0.0227)	0.162*** (0.0386)
Material predominante en el techo	0.021 (0.0234)	(-0.025 0.066)	0.017 (0.0443)	0.029 (0.0276)	-0.001 (0.0228)	0.011 (0.0242)	-0.019 (0.0423)
Cantidad de aires acondicionados	0.082*** (0.0128)	(0.056 0.107)	0.109*** (0.0290)	0.083*** (0.0160)	0.081*** (0.0129)	0.081*** (0.0135)	0.046* (0.0248)
Cantidad de calefones	0.172*** (0.0198)	(0.133 0.211)	0.134*** (0.0430)	0.169*** (0.0251)	0.150*** (0.0206)	0.175*** (0.0219)	0.210*** (0.0366)
Prop. de consumo en cocción de alimentos	0.632*** (0.111)	(0.415 0.849)	0.538** (0.252)	0.650*** (0.135)	0.649*** (0.105)	0.657*** (0.112)	0.377** (0.182)
Prop. de consumo en calefacción	0.649*** (0.0957)	(0.461 0.836)	0.597*** (0.182)	0.649*** (0.105)	0.598*** (0.0872)	0.676*** (0.0965)	0.874*** (0.171)
Prop. de consumo en lavado y secado	0.301** (0.118)	(0.069 0.533)	0.001 (0.217)	0.252* (0.142)	0.366*** (0.117)	0.396*** (0.125)	0.265 (0.205)
Prop. de consumo en ventilación	0.287*** (0.102)	(0.086 0.488)	0.398 (0.269)	0.463*** (0.135)	0.344*** (0.102)	0.185* (0.106)	0.113 (0.171)
Prop. de consumo en calentamiento de agua sanitaria	0.211*** (0.0716)	(0.070 0.352)	0.296** (0.133)	0.337*** (0.081)	0.288*** (0.0671)	0.213*** (0.0710)	0.043 (0.124)
Región cálida	0.022 (0.0334)	(-0.044 0.087)	0.065 (0.0646)	0.017 (0.0383)	0.022 (0.0321)	-0.034 (0.0350)	-0.008 (0.0596)
Región fría	0.005 (0.0294)	(-0.053 0.063)	-0.012 (0.0527)	0.017 (0.0325)	0.042 (0.0274)	0.015 (0.0290)	-0.041 (0.0497)
Constante	0.194 (0.285)	(-0.365 0.754)	-0.983* (0.581)	-0.232 (0.361)	0.499* (0.286)	1.211*** (0.310)	1.518*** (0.525)
Observaciones	2994		2994	2994	2994	2994	2994

Errores estándar robustos entre paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

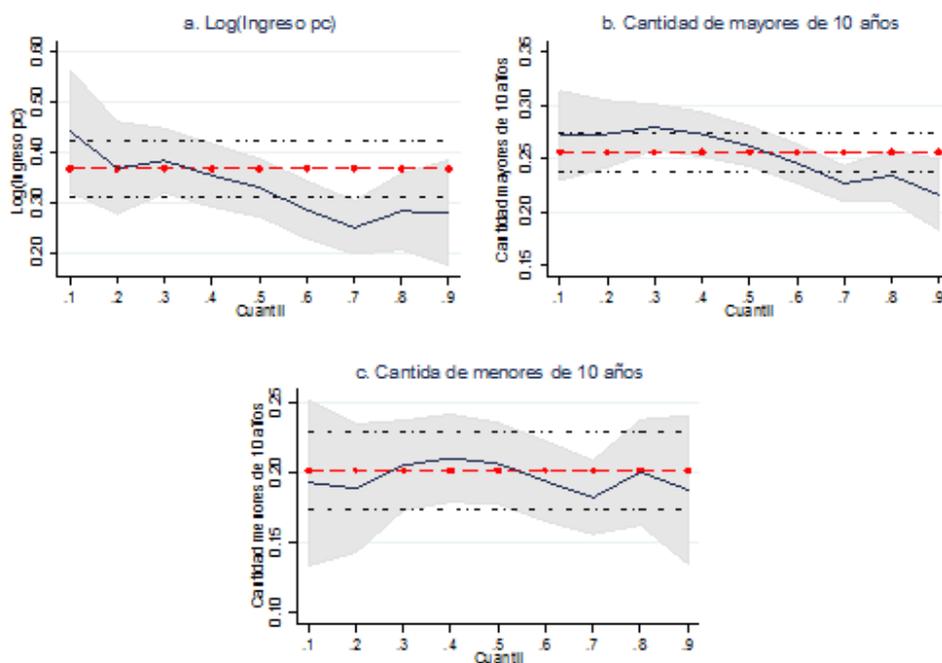
En primera instancia, en el Gráfico 8 se presentan los resultados según deciles de consumo de energía eléctrica para el ingreso per cápita y la composición del hogar. Se encuentra que el impacto del ingreso per cápita es significativo en todos los cuantiles de consumo y decreciente a medida que se avanza hacia cuantiles más altos -coeficientes de 0,443, 0,276 y 0,279 para los cuantiles 0.10, 0.75 y 0.90 respectivamente- (Gráfico 8.a). Este análisis muestra la existencia de diferencias que no fueron reflejadas por la estimación en media. En particular, la estimación MCO solo representa correctamente el segundo y tercer decil y es significativamente distinta en el primer decil y los deciles superiores al quinto. El consumo de energía eléctrica de los hogares de mayor consumo es menos sensible a variaciones de ingresos per cápita, es decir, el impacto del ingreso per cápita en este grupo, si bien es significativo, es inferior al correspondiente a un hogar con consumo promedio.

Por su parte, únicamente los hogares ubicados en el primer decil de consumo muestran un efecto mayor, al resultante de la estimación MCO con toda la muestra, del ingreso per cápita sobre el consumo de energía eléctrica. Es importante recordar que la forma en que fue estimado el ingreso per cápita del hogar implica que el mismo se asocia con el ingreso permanente. En este sentido, el mayor impacto detectado en este grupo puede estar asociado a una menor cobertura de las necesidades energéticas básicas a partir de energía eléctrica por parte de estos hogares, por lo cual incrementos en el ingreso per cápita permiten cubrir dichas necesidades, o cubrir las a partir de energía eléctrica, y por tanto tiene un mayor impacto en el consumo mensual de energía eléctrica del hogar.

Por otro lado, como se puede ver en la Tabla 5, el número de integrantes de 10 o más años impacta positivamente en el consumo de energía eléctrica a lo largo de toda la distribución del consumo, sin embargo, dicho efecto es decreciente a partir del cuarto decil, en particular, para los hogares de mayor consumo -a partir del sexto decil- la estimación se sitúa fuera del intervalo de confianza de la estimación MCO (Gráfico 8.b). No se dispone de un argumento claro para justificar este impacto decreciente, pero se entiende que puede estar asociado a la desigual composición de los hogares. Igualmente es importante resaltar que si bien las diferencias entre los cuantiles son significativas las mismas no son pronunciadas, los coeficientes estimados se encuentran entre 0,27 y 0,22.

Respecto al impacto de los y las menores de 10 años, no se observan diferencias significativas entre los cuantiles de consumo, la estimación puntual de los mismos fluctúa en torno a la estimación MCO (Gráfico 8.c).

Gráfico 8. Regresiones cuantílicas
Grupo 1. Ingreso per cápita y composición del hogar

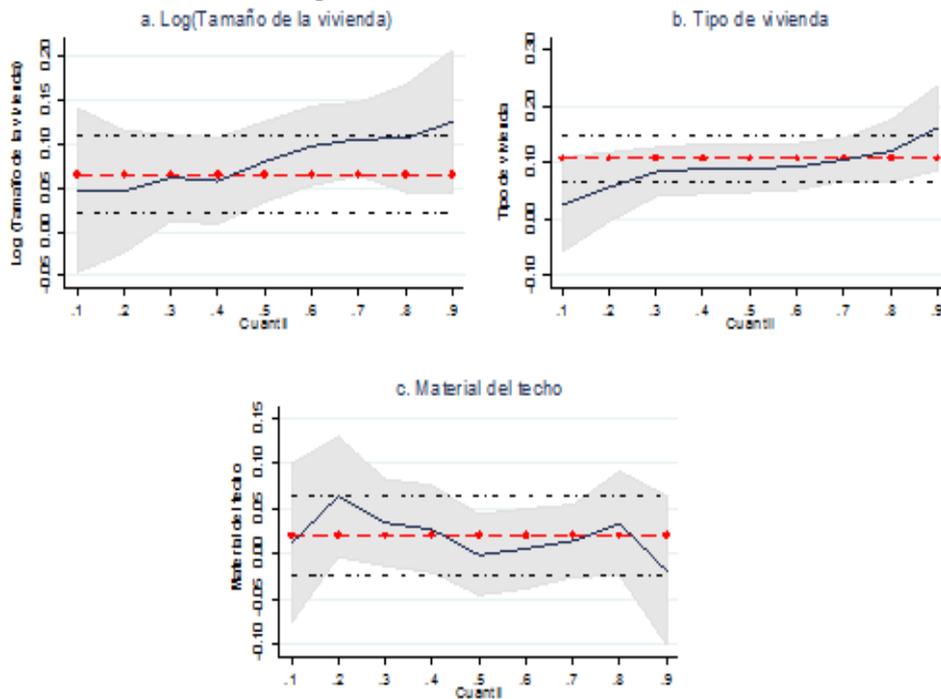


El Gráfico 9 ilustra las variables referentes a las características de la vivienda. En primera instancia, se puede observar que el efecto del tamaño de la vivienda se incrementa para los hogares con mayor consumo $-0,125$ en el cuantil 0.90 respecto a $0,08$ en el cuantil 0.50-. La estimación no es significativa en los cuantiles más bajos, hasta el cuarto decil inclusive. Por tanto, en estos hogares la variación en el metraje construido de la vivienda no impacta en el consumo de energía eléctrica del hogar. Igualmente, es importante destacar que en los cuantiles más bajos y los más altos los intervalos de confianza son más amplios, lo que implica que existe mayor variabilidad en dichos cuantiles.

Al analizar el tipo de vivienda (Gráfico 9.b), no se verifican diferencias significativas entre los cuantiles intermedios -decil tres a siete- ni respecto a la estimación MCO. En los cuantiles de mayor consumo el impacto puntual de esta variable es aproximadamente un 50% superior al verificado en media $-0,162$ y $0,108$ respectivamente-. Por su parte, en los hogares con menor consumo de energía eléctrica esta variable no muestra un efecto estadísticamente significativo.

En cuanto al material constructivo de la vivienda, el impacto no es significativo en ningún cuantil de consumo.

Gráfico 9. Regresiones cuantílicas
Grupo 2. Características de la vivienda

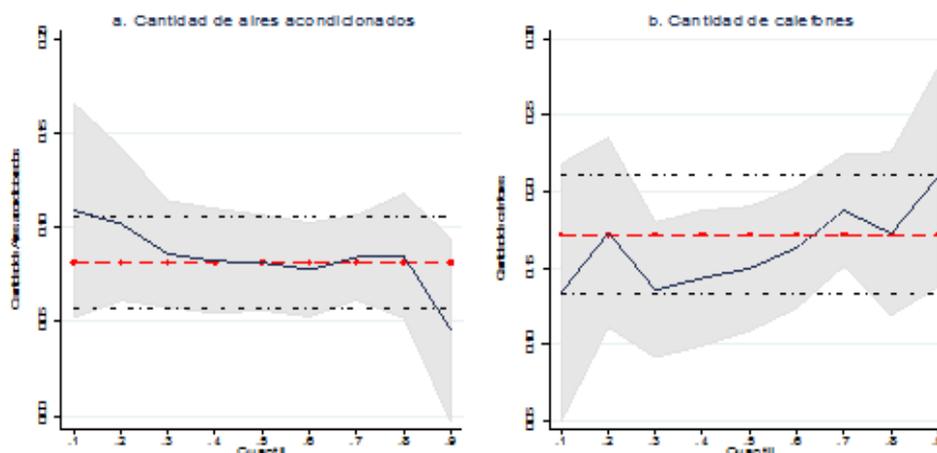


El tercer grupo de variables hace referencia a la tenencia de calefones y equipos de aire acondicionado (Gráfico 10). En el caso de la cantidad de aires acondicionados (Gráfico 10.a) no se verifican diferencias entre los distintos cuantiles de consumo con excepción del cuantil más bajo y el más alto. En el primero de estos, el efecto es mayor al verificado en la estimación MCO mientras en el segundo, el impacto es menor -coeficientes de 0,109 y 0,046 respectivamente-.

Por su parte, en el caso de los calefones, si bien se observa un comportamiento creciente con los cuantiles de consumo, las estimaciones correspondientes a los distintos cuantiles se encuentran dentro del intervalo de confianza de la estimación MCO. Estos resultados no coinciden con los hallados por Hancevic y Navajas (2015) para Argentina, lo cual podría estar asociado al uso de otros energéticos, en particular gas natural, y la adaptación del equipamiento del hogar a dicho energético.

El menor impacto de un equipo de aire acondicionado adicional en los hogares de mayor consumo podría asociarse a un mayor stock de equipos en este grupo de hogares que conlleve a un punto cercano a la saturación, incluso puede esperarse que luego de alcanzarse cierto stock de equipamiento los hogares tiendan a la sustitución en favor de equipos más eficiente.

Gráfico 10. Regresiones cuantílicas
Grupo 3. Tenencia de equipos

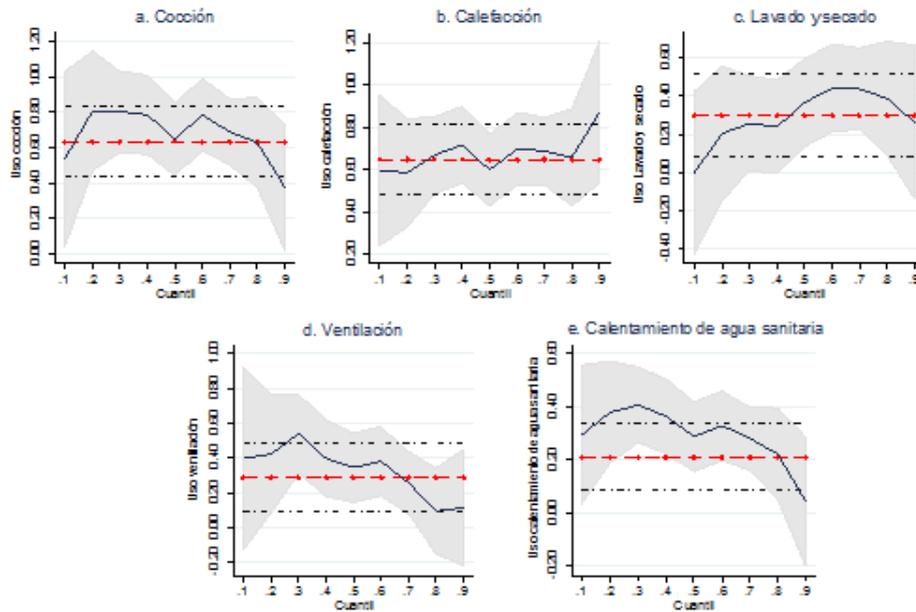


En cuanto a la participación de los usos energéticos incluidos en el análisis, el Gráfico 11 permite ver un comportamiento semejante al de una U invertida en los usos cocción, lavado y secado de ropa y calentamiento de agua sanitaria, es decir, el efecto crece levemente en los cuantiles intermedios y es inferior para los cuantiles extremos. En tanto, en el uso calefacción, existe un efecto estable con excepción del último decil. Finalmente, el uso ventilación, muestra un comportamiento decreciente con los cuantiles de consumo. Estas primeras impresiones deben ser matizadas, pues con excepción del último decil, la estimación puntual de los distintos cuantiles se encuentra dentro del intervalo de confianza de la estimación MCO y por tanto no pueden considerarse estadísticamente distintas de la misma.

Respecto a la participación del uso cocción, el cuantil 0.90 presenta un impacto menor al efecto en media $-0,377$ y $0,632$ respectivamente-. En el caso del uso calefacción el resultado hallado es el opuesto, la estimación correspondiente a este cuantil da cuenta de un impacto más pronunciado sobre el consumo de energía eléctrica $-0,847$ respecto a $0,649$ en la estimación MCO-. Los restantes usos no tienen impacto significativo sobre el consumo promedio mensual de los hogares del último decil de consumo. Es posible que los hogares de mayor consumo de energía eléctrica hayan alcanzado un punto cercano a la saturación en algunos usos energéticos cautivos de la energía eléctrica o incluso en usos como cocción a partir de un mayor número de equipos eléctricos, sin embargo en calefacción, pueden operar dos efectos: sustitución de fuentes e incorporación de mayor número de equipos.

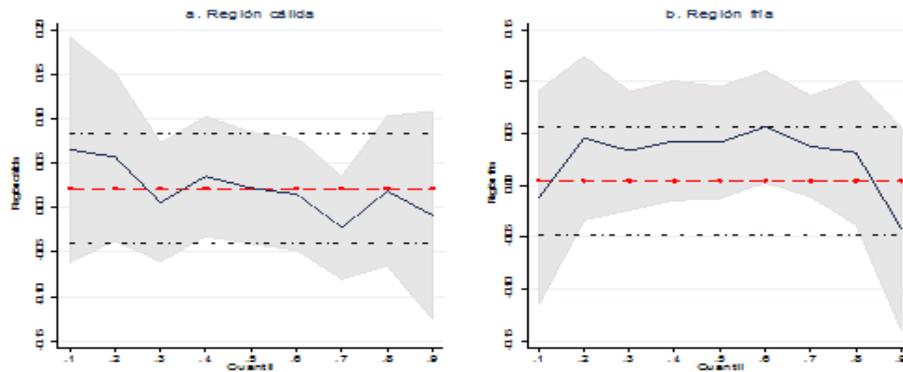
Por su parte, en relación en los hogares ubicados en el cuantil 0.10 no es posible determinar comportamientos estadísticamente diferentes a la estimación MCO.

Gráfico 11. Regresiones cuantílicas
Grupo 4. Usos energéticos



Finalmente, en cuanto a la región en que se ubica la vivienda la estimación MCO determinó que la ubicación del hogar en la región fría o cálida respecto a la región templada no impacta significativamente en el consumo de energía eléctrica, considerando la estimación para toda la población. En el Gráfico 12 se observa que dichas variables tampoco presentan impactos estadísticamente significativos en los distintos cuantiles de consumo.

Gráfico 12. Regresiones cuantílicas
Grupo 5. Regiones



7.3.1. Síntesis

Es posible observar que en los hogares ubicados en los cuantiles más bajos del consumo de energía eléctrica las variables relativas a la composición del hogar y el ingreso per cápita presentan un efecto mayor que en los restantes cuantiles.

En tanto, en los hogares de mayor consumo son las variables relativas a las características de la vivienda y el uso calefacción las que muestran un efecto diferencial. Por otro lado, el impacto de un equipo adicional de aire acondicionado sobre el consumo de energía eléctrica

de este grupo de hogares se reduce a la mitad en relación con lo observado para un hogar con consumo promedio. Asociado a ello, se observa que de todos los usos energéticos evaluados, en este grupo de hogares, únicamente en el uso calefacción presenta un impacto superior a la media y al resto de los cuantiles de consumo, es decir, en este uso es donde se encuentra el mayor margen de crecimiento del consumo de energía eléctrica de este grupo de hogares.

8. Conclusiones

Las características del sistema eléctrico uruguayo, en particular la participación preponderante de la generación hidráulica y la creciente incorporación de fuentes no gestionables, junto con la evolución creciente del consumo final de energía eléctrica del sector residencial en los últimos veinte años, imprimen un escenario en el cual las políticas activas de gestión de la demanda y las previsiones ajustadas se vuelven imprescindibles.

La política energética en general, y la gestión de la demanda de energía eléctrica en particular, requieren de un conocimiento profundo de los determinantes de la demanda y sus efectos. Esto adquiere especial relevancia en el sector residencial, dado el rol del acceso a fuentes modernas de energía en el bienestar y la calidad de vida de las personas y su participación preponderante en el consumo final de energía eléctrica.

El desarrollo de acciones tendientes a modificar la forma e intensidad en que los hogares consumen energía eléctrica -medidas de eficiencia energética, cambios en el consumo horario, entre otras- requieren analizar la relación de los hogares con el consumo de energía eléctrica desde su condición de demanda derivada.

En este sentido, este trabajo se propuso analizar los determinantes de la demanda de energía eléctrica de los hogares en Uruguay evaluando el efecto de las características socioeconómicas del hogar, las características de la vivienda, la participación de los usos energéticos y la región.

Respecto a este objetivo se deriva que, si bien el ingreso per cápita, variable sobre la cual se han centrado varios trabajos a nivel nacional, tiene un impacto significativo sobre el consumo de energía eléctrica, su análisis aislado brinda una visión parcial. Especialmente, se destaca la importancia de la composición del hogar y las características de la vivienda en la determinación del consumo de energía eléctrica residencial, así como el impacto diferencial de la participación de algunos usos energéticos. Particularmente, el efecto de la mayor participación de usos asociados al confort térmico -calefacción y refrigeración de ambientes- y el uso cocción de alimentos. Asimismo, estas variables mostraron un efecto diferencial según el nivel de ingreso de los hogares en línea con la hipótesis planteada.

Dentro de las variables analizadas existen varias que pueden ser objeto de políticas específicas tendientes a una mayor eficiencia energética en los hogares, en particular las vinculadas a los usos energéticos y la tenencia de equipos. Este trabajo ha mostrado, que la tenencia de equipos de aire acondicionado y calefones impacta de manera significativa en el consumo eléctrico de los hogares de menores ingresos. De esta manera, las políticas que incentiven o faciliten la adquisición de este tipo de equipos deberían tener en cuenta el efecto diferencial de los mismos sobre el consumo de este grupo de hogares y por tanto considerar las implicancias sobre la asequibilidad de la energía eléctrica en el esquema de tarifas eléctricas existentes. Asimismo, sería deseable considerar un conjunto amplio de energéticos que puedan ser sustitutos en la satisfacción de un mismo uso, propiciando la eficiencia energética en conjunto.

Por otro lado, si bien el análisis en media, a partir del método MCO, brinda información relevante para la problemática bajo análisis el trabajo mostró que puede encubrir diferencias existentes a lo largo de la distribución del consumo, las cuales es necesario recoger en el caso de que se quieran formular políticas energética con foco en determinado grupo de hogares, por ejemplo en hogares de mayor consumo de energía eléctrica. En caso contrario, podría formularse una política que actúa sobre una variable que en el consumo de energía eléctrica del grupo de hogares sobre los cuales se quiere influir tiene un efecto reducido.

Este estudio es el primer trabajo en Uruguay que evalúa la demanda de energía eléctrica a lo largo de toda la distribución del consumo a partir del método de regresiones cuantílicas. La existencia de diferencias entre los cuantiles de consumo señala las oportunidades que genera el uso de este método en el análisis de la demanda de energía eléctrica residencial, permitiendo la elaboración de políticas de gestión de la demanda más ajustadas y por tanto, previsiones más precisas.

Las limitaciones que imponen las fuentes de datos no han permitido ahondar en algunos factores, principalmente los vinculados a la temperatura y las condiciones de la vivienda en cuanto a materiales constructivos. Respecto a este último, es importante afinar el set de información disponible pues su mejor evaluación permitiría fortalecer la formulación de programas de vivienda con énfasis en la eficiencia energética. Por otro lado, algunos usos energéticos relevantes, especialmente los relacionados al esparcimiento y las comunicaciones, no han podido evaluarse. Se entiende, que futuros trabajos deberían ahondar en dichos usos, dado el rol particular de los mismos en el desarrollo humano y la integración de los hogares en el medio.

No ha sido posible evaluar las sinergias que se generan entre distintos energéticos. En este sentido, se considera necesario contar con fuentes homogéneas y relativamente periódicas a nivel microeconómico que permitan analizar de manera conjunta las características del hogar y el consumo de energía que realizan los mismos, incorporando un conjunto amplio de energéticos. Asimismo, sería deseable incluir en el análisis a los hogares ubicados en localidades de menos de 10.000 habitantes y zonas rurales y hogares conectados irregularmente a la red eléctrica. En particular, respecto a este último grupo, sería importante analizar las características y comportamientos de hogares en similar situación socioeconómica y características habitacionales y las distintas estrategias de consumo de energía eléctrica, para lo cual se requiere generar nuevas fuentes de información que incorporen datos cuantitativos y cualitativos.

Finalmente, otra expansión posible de este trabajo refiere al análisis del consumo de energía eléctrica en usos concretos. En particular, se ha destacado la importancia de los usos energéticos asociados al confort térmico, principalmente calefacción de ambientes. En este sentido, sería deseable analizar los determinantes de la elección de la energía eléctrica para este uso y los determinantes del consumo, por ejemplo, a partir de modelos en dos etapas como el propuesto por Heckman.

Bibliografía

- Amarante, V., & Ferrando, M. (2011). *Consumo de servicios de energía y agua en la población uruguaya*. Montevideo: FCEA - Instituto de Economía.
- Bertoni, R., Camou, M., Maubrigades, S., y Román, C. (2008). *Energía eléctrica y calidad de vida en Uruguay*, en Bertoni, R. y Rubio, M. (ed) *Energía y Desarrollo en el largo siglo XX: Uruguay en el marco Latinoamericano*. Universidad de la República y Universitat Pompeu Fabra, Montevideo, pp. 179-205.
- Bierbaum, M., & Gassmann, F. (2012). *Chronic and transitory poverty in the Kyrgyz Republic: What can synthetic panels tell us?* Maastricht, Países Bajos: Maastricht Graduate School of Governance.
- Blanco, A., Eirea, L., Paganini, O., Ruchansky, B., & Torres, A. (2013). *Estudio prospectivo del sector energético al 2030*. Montevideo: CIU.
- Bouille, D. (2004). *Economía de la Energía*. San Carlos de Bariloche: IDEE/FB.
- Bourguignon, F., & Ferreira, F. (2005). Descomposing Changes in the Distribution of Household Incomes: Methodological Aspects. En F. Bourguignon, F. Ferreira, & N. Lustig (Edits.), *The microeconomics of income distribution dynamics in East Asia and Latin America* (págs. 17-46). Nueva York: Oxford University Press.
- Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. (2012). Residential energy use and conservation: Economics and demographics. *European Economic Review*, 56(5), 931-945.
- Brown, A., & Deaton, A. (Diciembre de 1972). Surveys in applied economics: models of consumer behaviour. *The Economic Journal*, 82(328), 1145-1236.
- Cabrera, A., Lastra, M., & Soca, L. (2002). *Financiamiento del consumo energético básico ante la aplicación del marco regulatorio del sector eléctrico. Propuesta para hogares pobres energéticos de Montevideo*. Montevideo: Facultad de Ciencia Económicas y de Administración. Universidad de la República.
- Dang, H.-A., Lanjouw, P., Luoto, J., & McKenzie, D. (2014). Using repeated cross-sections to explore movimientos into and out of poverty. *Journal of Development Economics*, 107, 112-128.
- Deaton, A. (1997). *The analysis of household surveys: a microeconomic approach to development policy*. Washington, D.C.: World Bank Publications.
- Deaton, A., & Muellbauer, J. (1980). *Economics and consumer behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Deaton, A., & Zaidi, S. (2002). *Guidelines for constructing consumption aggregates for welfare analysis* (Vol. 135). Washington, D.C.: World Bank Publications.
- Dirección Nacional de Energía. (2014). *Estudio de demanda: Escenarios*. Montevideo: DNE - MIEM.
-

- Dirección Nacional de Energía. (2016). Balance Energético 2015. Montevideo: Ministerio de Industria, Energía y Minería.
- Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. (2008). Política Energética 2005-2030. Montevideo: DNETN.
- Failache, E., Salas, G., & Vigorito, A. (2016). *La dinámica reciente del bienestar de los niños en Uruguay. Un estudio en base a datos logitudinales*. Montevideo, Uruguay: Instituto de Economía. Facultad de Ciencia Económicas y de Administración. UdelaR.
- Ferguson, B., Tandon, A., Gakidou, E., & Murray, C. J. (2003). *Estimating permanent income using indicator variables. Health systems performance assessment: debates methods and empiricism*. Genova: World Health Organization.
- Filmer, D., & Pritchett, L. (2001). Estimating wealth effects without expenditure data-or tears: An application to educational enrollments in states of India. *Demography*, 38(1), 115-132.
- Fundación Bariloche y PRIEN. (2008). *Estudio de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumo de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional. Informe del Sector Residencial*.
- Gerschuni, A. (2013). *Elasticidad Ingreso del Consumo de Energía Eléctrica de los Hogares Uruguayos: un abordaje microeconómico*. Montevideo: Seminario de la Asociación Latinoamericana de Economía de la Energía.
- Gouveia, J. P., Fortes, P., & Seixas, J. (2012). Projections of energy services demand for residential buildings: Insights from a bottom-up methodology. *Energy*, 47(1), 430-442.
- Guerra Santin, O. (2011). Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating. *Energy and Buildings*, 43(10), 2662-2672.
- Hancevic, P., & Navajas, F. (2015). Consumo residencial de electricidad y eficiencia energética. Un enfoque de regresión cuantílica. *El trimestre económico*, 82(328), 897-927.
- Kaza, N. (2010). Understanding the spectrum of residential energy consumption: a quantile regression approach. *Energy Policy*, 38(11), 6574-6585.
- Koenker, R. (2005). *Quantile Regression*. Cambridge: Cambridge university press.
- Koenker, R., & Bassett, R. J. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 46(1), 33-50.
- Koenker, R., & Hallock, K. (2001). Quantile Regression: An Introduction. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 43-56.
- Kozulj, R. (2009). *Contribución de los servicios energéticos a los Objetivos de Desarrollo del Milenio y a la mitigación de la pobreza en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Lanzilotta, B., & Rodríguez, S. (2014). *Modelos de predicción de energía eléctrica con datos horarios para Uruguay*. Montevideo: CINVE.

- Lanzilotta, B., & Rosá, T. (2012). *Modelos de predicción de Energía Eléctrica con datos diarios para Uruguay*. Montevideo, Uruguay: CINVE.
- Ley N° 14.694. Ley Nacional de Electricidad. (7 de setiembre de 1997). Uruguay: Diario Oficial.
- Ley N° 16.832. Marco Regulatorio para el Sistema Eléctrico Nacional. (17 de Junio de 1997). Uruguay: Ministerio de Industria, Energía y Minería.
- Lutzenhiser, L. (1992). A cultural model of household energy consumption. *Energy*, 17(1), 47-60.
- Margulis, D. (2014). *Análisis de los determinantes de la demanda residencial de energía eléctrica en Argentina*. Buenos Aires: Centro de Estudios en Actividad Regulatoria Energética. Universidad de Buenos Aires.
- Medina, E., & Vicéns, J. (2011). Factores determinantes de la demanda eléctrica de los hogares en España: Una aproximación mediante regresión cuantílica. *Estudios de Economía Aplicada*, 29(2), 515-538.
- Messina, P. (2015). *Aspectos distributivos del consumo energético en los hogares uruguayos (2005-2013)*. Montevideo: 6tas. Jornadas Uruguayas de Historia Económica.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2015). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015-2024*. Montevideo: MIEM- Eficiencia Energética.
- Oficina de Planeamiento y Presupuesto. (2010). *Estrategia Uruguay III Siglo. Informe de Prospectiva del Sector Energético*. Montevideo: Área Estrategia de Desarrollo y Planificación - OPP.
- Pérez de la LLana, S. (2013). *Caracterización de la demanda residencial de GLP (supergás) en Uruguay y evaluación de política de subsidio sobre este energético*. Departamento de Economía. Montevideo: Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de la República.
- Picción, A., Milicua, S., & Camacho, M. (2014). *Consumo de energía residencial y confort. Aportes para identificar patrones de consumo energético*. Montevideo: XIII Jornadas de Investigación de la Facultad de Ciencias Sociales .
- Poder Ejecutivo. (2008). Decreto N° 236/008. Ampliación del Plan de Ahorro de Energía Eléctrica. Uruguay: Poder Ejecutivo.
- Proyecto Sech-Spahousec (2011). Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. IDAE. Secretaría General. Departamento de Planificación y Estudios. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Sovacool, B. (2011). Conceptualizing urban household energy use: Climbing the "Energy Services Ladder". *Energy Policy*, 39(3), 1659-1668.
- Sovacool, B. (2011). Security of energy services and uses within urban households. *Environmental Sustainability*, 3(4), 218-224.
- UdelaR. (1992). *Modelo de demanda de energía. Valores del año base y criterios para la proyección*. Montevideo, Uruguay: Convenio UTE-UdelaR.
- UTE. (1997). Resolución del Directorio 97.-1351.
-

Anexo

A. Construcción de variables incluidas en la estimación

A.1. Índice de bienes durables

Dentro de las variables consideradas para la previsión del ingreso de los hogares se incluyen variables relativas a la tenencia de un conjunto de bienes durables.

No existe una única manera de incluir estos bienes al análisis. En este estudio se opta por construir un índice de bienes durables siguiendo la metodología propuesta por Filmer y Pritchett (2001) y adoptada por Failache, et al. (2016). Estos trabajos calculan los coeficientes de ponderación asociados a cada variable a partir de la aplicación del análisis de componentes principales. Este procedimiento permite encontrar una combinación lineal de las variables con máxima varianza, los restantes componentes se calculan de manera de obtener una combinación lineal ortogonal al primer componente que maximice la varianza remanente. Los coeficientes de cada variable en el primer componente serán considerados como los ponderadores para la construcción del índice de bienes durables.

Los bienes que se consideran son los siguientes:

- Microondas
- Radio
- Heladera
- Calefón
- Lavarropa
- Secarropa
- Lavavajilla
- Televisión para abonados
- Videocasetero o DVD
- Microcomputador, excluyendo el computador portátil del Plan Ceibal (XO)
- Automóvil
- Teléfono fijo
- Equipo de aire acondicionado

En la estimación del índice en la ECH 2015 se consideran distintos tamaños de muestra con la finalidad de observar las posibles variaciones ante cambios en la población seleccionada.

Tabla A.1. Coeficientes de ponderación de los bienes en el índice

2015	(0)	(1)	(2)	(3)
Microondas	0,665	0,663	0,660	0,655
Radio	0,191	0,186	0,187	0,172
Refrigerador	0,299	0,307	0,297	0,285
Calefón	0,501	0,515	0,492	0,468
Lavarropa	0,580	0,581	0,579	0,576
Secarropa	0,364	0,360	0,362	0,370
Lavavajilla	0,310	0,304	0,309	0,313
Televisión para abonados	0,496	0,504	0,499	0,483
Videogradora o DVD	0,381	0,367	0,376	0,379
Microcomputador	0,662	0,664	0,658	0,651
Automóvil	0,608	0,605	0,605	0,600
Teléfono fijo	0,602	0,606	0,595	0,582
Equipo de aire acondicionado	0,593	0,581	0,581	0,574

(0) Montevideo y localidades de más de 5000 hab. Incluye 33.571 obs.

(1) Hogares en (0) encuestados entre agosto y octubre. Incluye 8.451 obs.

(2) Hogares en (1) fuera de asentamientos irregulares. 8.089 obs.

(3) Hogares en (1) en el 95% superior de la distribución del ingreso. 8.112 obs.

Fuente: Elaboración propia en base a procesamiento de ECH 2015

La especificación final incluida en el análisis es la que sigue:

$$\begin{aligned}
 bs_{dur} = & \text{microondas. } \mathbf{0,6630} + \text{radio. } \mathbf{0,1855} + \text{refrigerador. } \mathbf{0,3065} + \text{calefon. } \mathbf{0,5145} \\
 & + \text{lavadora. } \mathbf{0,5808} + \text{secarropa. } \mathbf{0,3595} + \text{lavaplatos. } \mathbf{0,3043} \\
 & + \text{tv_cable. } \mathbf{0,5043} + \text{video_dvd. } \mathbf{0,3669} + \text{computador. } \mathbf{0,6636} \\
 & + \text{automovil. } \mathbf{0,6048} + \text{tel_fijo. } \mathbf{0,6062} + \text{equipo_aa. } \mathbf{0,5814}
 \end{aligned}
 \tag{A.1}$$

Este mismo procedimiento se aplica a la Encuesta UTE-INE 2015 para la estimación del índice de bienes y servicios que se incluye en la imputación del ingreso per cápita del hogar.

A.2. Resultados de la estimación del ingreso per cápita

Tabla A.2. Coeficientes y significación de la estimación MCO del ingreso per cápita para distintas sub-muestras

VARIABLES	(1) Log Ingreso pc	(2) Log Ingreso pc	(3) Log Ingreso pc
Cantidad de integrantes	-0.294*** (0.00560)	-0.297*** (0.00553)	-0.286*** (0.00575)
Material del techo	-0.136*** (0.0105)	-0.128*** (0.0107)	-0.116*** (0.0100)
Cantidad de baños	0.200*** (0.0103)	0.202*** (0.0103)	0.203*** (0.0100)
Índice de bienes durables	0.156*** (0.00406)	0.154*** (0.00416)	0.145*** (0.00411)
Servicio doméstico con cama	0.340*** (0.0553)	0.334*** (0.0550)	0.327*** (0.0549)
Servicio doméstico	0.279*** (0.0158)	0.277*** (0.0159)	0.277*** (0.0156)
Cantidad de perceptores de ingreso	0.145*** (0.00731)	0.145*** (0.00733)	0.131*** (0.00710)
Cantidad de universitarios	0.0480*** (0.00833)	0.0476*** (0.00838)	0.0473*** (0.00826)
Nivel educativo del jefe/a de hogar: Posgrado	0.459*** (0.0323)	0.454*** (0.0322)	0.452*** (0.0320)
Nivel educativo del jefe/a de hogar: Terc. Completo	0.281*** (0.0191)	0.276*** (0.0191)	0.279*** (0.0183)
Nivel educativo del jefe/a de hogar: Terc. Incompleto	0.147*** (0.0203)	0.142*** (0.0203)	0.136*** (0.0199)
Nivel educativo del jefe/a de hogar: Secundaria	0.0546*** (0.0105)	0.0539*** (0.0107)	0.0504*** (0.0101)
El hogar no calefacciona	-0.0404*** (0.0150)	-0.0512*** (0.0153)	-0.0414*** (0.0145)
Montevideo	0.0784*** (0.00926)	0.0897*** (0.00939)	0.102*** (0.00883)
Constante	9.534*** (0.0198)	9.551*** (0.0199)	9.598*** (0.0188)
Observaciones	8,451	8,089	8,112
R ²	0.692	0.684	0.666

Errores estándar robustos entre paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

(1) Hogares encuestados entre agosto y octubre en localidades de más de 5.000 hab.

(2) Hogares en (1) fuera de asentamientos irregulares.

(3) Hogares en (1) en el 95% superior de la distribución del ingreso.

Fuente: Elaboración propia en base a procesamiento de ECH 2015

Tabla A.3. Clasificación de los hogares en quintiles de ingreso según ingreso per cápita imputado -con errores o sin errores-

Quintiles Ingreso pc con sorteo 1000 errores	Quintiles Ingreso pc sin imputar errores				
	1	2	3	4	5
1	96,8	3,2	0,0	0,0	0,0
2	3,2	90,3	6,5	0,0	0,0
3	0,0	6,5	88,0	5,6	0,0
4	0,0	0,0	5,5	90,4	3,7
5	0,0	0,0	0,0	4,0	96,3

Fuente: Elaboración propia en base al procesamiento de la ECH 2015 y Encuesta UTE-INE 2015

A.3. Cálculo del consumo de energía eléctrica por usos

La potencia media (Wh/h) y el factor de uso de los equipos considerados surgen de estudios de mercado y encuestas sobre uso de equipos eléctricos realizados por la Gerencia de Mercado de UTE.

i. Cocción

Tabla A.4. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso Cocción

Equipo	Potencia media (Wh/h)	Factor de uso	Potencia media asignado (Wh/h)
Hornallas chicas	1000	0,25	250
Hornallas grandes	1450	0,75	1088
Horno eléctrico*	1300	0,75	975
Microondas	1033	0,083**	86
Grill	1200	0,50	600
Freidora	1500	0,40	600
Jarra Eléctrica	2000	0,10	200
Otros electrodomésticos de cocina			
Amasadora de pan	500	0,5	250
Arrocera	500	0,5	250
Calienta mamadera	200	0,3	60
Churrasquera	800	0,3	240
Disco eléctrico	1000	0,5	500
Hamburguesera	700	0,3	210
Hornito eléctrico	1200	0,7	840
Horno de pan	1200	0,7	840
Horno para hacer pan	1200	0,7	840
Parrilla eléctrica	1200	1	1200
Resistencia con forma de hornalla	1000	0,5	500
Sandwichera	500	0,3	150
Soup maker	500	0,3	150
Vaporera	500	0,3	150

* Se considera que el horno eléctrico posee termostato que permite regular su temperatura

** Para el microondas se considera un uso de cinco minutos por hora

Fuente: Elaboración propia en base datos de las Gerencias de Mercado y Análisis Tarifario - UTE

ii. Conservación de alimentos

Tabla A.5. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso Conservación de alimentos

Equipo	Potencia media (Wh/h)	Factor de uso en		Potencia media asignada (Wh/h)	
		Verano	Invierno	Verano	Invierno
Heladera sin freezer	117	0,5	0,4	59	47
Heladera con freezer	167	0,5	0,4	84	67
Freezer	157	0,5	0,4	79	63
Frigobar	86	0,5	0,4	43	34

Fuente: Elaboración propia en base datos de las Gerencias de Mercado y Análisis Tarifario - UTE

iii. Acondicionamiento de aireCalefacción de ambientes

- Equipos con resistencia

En el caso de las estufas de cuarzo o resistencia existe la posibilidad que la estufa tenga una o dos resistencias, en el primer caso se aplica un factor de 0,5 sobre la potencia media. En los restantes equipos con resistencia la encuesta consulta si la potencia es baja, media o alta y se aplica un coeficiente de 0,33, 0,5 y 1 sobre la potencia media respectivamente

- Equipos de Aire Acondicionado

Equipos de 9000 y 12000 BTU (*British Thermal Unit*).¹¹ Se utiliza un coeficiente de operatividad o rendimiento de 2,8¹² -calor o enfriamiento proporcionado por cantidad de energía eléctrica consumida-. A partir de estos datos se calcula la potencia media del equipo.

$$Pot. media = \frac{BTU * 0,000293 * 1000}{cop} \quad (A.2)$$

Donde cop corresponde al coeficiente de rendimiento y 0,000293 son la cantidad de kW por cada BTU/h.

¹¹ Unidad de medida que refiere a la cantidad de energía necesaria para aumentar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

¹² Las bombas de calor utilizadas para calefacción tienen un cop de entre 2 y 6 dependiendo del diferencial de temperatura. En refrigeración se considera un cop inferior porque no es posible aprovechar el calor que produce el propio motor.

Tabla A.6. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso Calefacción de ambientes

Equipo	Potencia media (Wh/h)	Factor de uso	Potencia media asignada (Wh/h)
Estufa a cuarzo o resistencia	1200	1	1200
Halógena	1300	1	1300
Caloventilador*	1100	0,75	825
Panel o radiador de aceite	1233	0,75	925
Acumulador de calor**	1800	0,7	1260
Losa radiante eléctrica	100	0,7	70***
Caldera eléctrica	20000	0,7	14000
Aire acondicionado. Calor. 9000 BTU	942	0,7	659
Aire acondicionado. Calor. 12000 BTU	1256	0,7	879

* Con termostato. Las potencias pueden ser 1000, 1200 y 1500. Se considera el promedio

** Potencias de 900, 1400 y 3200 Watts. Se considera el promedio de las mismas

*** Watts por m²

Fuente: Elaboración propia en base datos de las Gerencias de Mercado y Análisis Tarifario - UTE

Ventilación y refrigeración de ambientes

Se consideran dos tipos de equipos asociados a este uso, los equipos de aire acondicionado, cuyo cálculo reviste características similares a las presentadas en el uso anterior considerando un cop de 2,6, y los ventiladores.

Tabla A.7. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso ventilación y refrigeración de ambientes

Equipo	Potencia media (Wh/h)	Factor de uso	Potencia media asignada (Wh/h)
Ventilador	70	1	70
Aire acondicionado. Frío. 9000 BTU	1014	0,7	710
Aire acondicionado. Frío. 12000 BTU	1352	0,7	947

Fuente: Elaboración propia en base datos de las Gerencias de Mercado y Análisis Tarifario- UTE

iv. Lavado y secado de ropa y vajilla

Tabla A.8. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso lavado y secado de ropa y vajilla

Equipo	Potencia media (Wh/h)	Factor de uso	Potencia media asignada (Wh/h)
Centrifugadora	240	1	240
Lavavajillas	1000	0,75	750
Lavasecarropa con agua fría	300*	1	300
Lavadora automática con agua fría	300	1	300
Lavadora semi automática con agua fría	300	1	300
Secadora de ropa	2000	1	2000
Lavasecarropa con agua caliente	2000	0,5	1000
Lavadora automática con agua caliente	2000	0,5	1000
Lavadora semi automática con agua caliente	2000	0,5	1000

* Solo se considera el lavado, el secado se incluye en secarropa

Fuente: Elaboración propia en base datos de las Gerencias de Mercado y Análisis Tarifario - UTE

v. Calentamiento de Agua SanitariaPérdidas (solo para calefones)

Para el cálculo se considera si el calefón se encuentra o no conectado a la red eléctrica en cada hora. En caso de encontrarse conectado la disipación del calor con una temperatura inferior 25°C en verano dependerá el volumen del calefón.¹³ Se debe considerar el coeficiente global de transferencia del calor, teniendo en cuenta la superficie del calefón y la diferencia entre la temperatura a la que se quiere mantener el agua del calefón -se considera 60°C- y la temperatura media en verano. A su vez, el coeficiente de transferencia de calor dependerá de la disipación térmica diaria asociada a los litros del calefón, el índice de eficiencia energética según la norma UNIT 1157:2011¹⁴ y la eficiencia promedio del calefón estimada a partir de la eficiencia de las distintas clases de calefones ponderadas por la tenencia de los mismos.

Tabla A.9. Potencia media asociada a las pérdidas del calefón por disipación del calor

Volumen del calefón (litros)	Disipación según temperatura ambiente interior (Wh/h)	
	20° C en Invierno	25° C en Verano
5	8,9	7,8
10	8,9	7,8
20	17,8	15,6
30	26,7	23,4
40	35,6	31,1
50	44,5	38,9
60	53,4	46,7
70	62,3	54,5
80	71,2	62,3
90	80,1	70,1
100	89,0	77,9
110	97,9	85,6
120	106,8	93,4
130	115,7	101,2
140	124,6	109,0
150	133,5	116,8

Fuente: Elaboración propia en base datos de las Gerencias de Mercado y Análisis Tarifario - UTE

Duchas y lavado de vajilla

La potencia media asociada a duchas y lavado en el caso de los calefones surge del siguiente cálculo:

$$E_d = m * ce * (T_{ac} - T_{af})/860 \quad (A.3)$$

Donde:

- E_d es la cantidad de energía necesaria por ducha o lavado en kWh.

¹³ El cálculo se realiza para los meses de verano y se considera un coeficiente que relaciona la disipación verano respecto a la de invierno (1,1428).

¹⁴ $Ef. En = \frac{5,815 * Vol (lts)}{Q_{pr} + 0,05815 * Vol}$ donde Q_{pr} es la pérdida estática por cada 24 hrs en Kwh

- m es la cantidad de agua caliente por ducha o lavado. Se considera 40 litros de agua por ducha y una cantidad de agua fría de mezcla por litro de agua caliente de 6,32 - 22,83 en verano- que surge del cociente entre la diferencia la temperatura del agua en el calefón y la temperatura del agua de mezcla y la temperatura de agua de mezcla y la temperatura del agua fría. Para el lavado de vajilla se considera el uso de la mitad de energía eléctrica.
- ce es el calor específico. En el caso del agua el valor es 1.
- Tac temperatura del agua caliente en el calefón y Taf temperatura del agua fría de entrada al calefón en grados Celcius.

Por su parte en lo que refiere al calentador instantáneo se considera una potencia de 2500 y 3500 W en verano e invierno respectivamente y una duración de las duchas de 10 minutos.

Tabla A.3. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso lavado y secado de ropa y vajilla (Wh/h)

Uso	Calefón		Calentador instantáneo	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
Duchas	262	1236	417	583
Lavado	131	618	208	292

Fuente: Elaboración propia en base datos de las Gerencias de Mercado y Análisis Tarifario – UTE

B. Resultados

Tabla B.1. Estadística descriptiva según nivel socioeconómico

	Bajo	Medio	Alto
Consumo de energía eléctrica (kWh)	249	226	313
Promedio de integrantes del hogar	4,0	2,3	2,1
Hogares unipersonales (en %)	5,3%	23,7%	31,9%
Menores de 10 años (en %)			
Ninguno	49,9%	84,6%	91,6%
Uno	28,7%	11,5%	6,2%
Más de uno	21,4%	3,9%	2,3%
Tamaño de la vivienda (en m ²)	66,0	69,2	97,0
Tipo de vivienda (en porcentaje)			
Casa	91,0%	72,3%	44,1%
Apartamento	9,0%	27,7%	55,9%
Material preponderante del techo (en %)			
Planchada de hormigón u otro	43,3%	76,1%	96,8%
Chapa, quincho, otro material precario	56,7%	23,9%	3,2%
Cantidad de equipos de aire acondicionado (en %)			
Ninguno	78,8%	62,8%	41,9%
Uno	16,8%	27,4%	27,4%
Más de uno	4,4%	9,7%	30,6%
Cantidad de calefones (en %)			
Ninguno	30,6%	10,0%	7,8%
Uno	65,8%	84,8%	68,0%
Más de uno	3,6%	5,2%	24,2%
Tenencia de lavarropas	76,5%	81,3%	87,9%
Tenencia de secarropa	3,8%	6,4%	18,8%
Uso electricidad como fuente principal para cocción	1,7%	5,8%	13,8%
Uso electricidad como fuente principal para calefacción	13,6%	23,5%	36,5%
Participación de los usos de la energía eléctrica (en %)			
Cocción	3,1%	5,6%	8,7%
Conservación de alimentos	40,9%	37,1%	30,7%
Calefacción	2,5%	4,8%	10,1%
Lavado de ropa y vajilla	7,9%	7,0%	8,0%
Ventilación	8,4%	8,2%	9,0%
Calentamiento de agua sanitaria	35,9%	37,3%	33,4%
Región donde se ubica la vivienda			
Templada	15,1%	12,2%	6,0%
Cálida	34,3%	14,6%	4,7%
Fría	50,6%	73,2%	89,4%

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta UTE-INE 2015

Tabla B.2. Resultados de los contrastes de igualdad de las regresiones cuantílicas (p-valor).

	Q10- Q90	Q25- Q50	Q25-Q75	Q50- Q75
Log (Ingreso per cápita)	(***)	(*)	(***)	(*)
Cantidad de mayores de 10 años	(**)	(*)	(***)	(***)
Cantidad de menores de 10 años				
Log (Tamaño de la vivienda en mts. cuadrados)			(**)	
Tipo de vivienda	(**)			
Material predominante en el techo				
Cantidad de aires acondicionados	(***)			
Cantidad de calefones			(*)	
Prop. de consumo en cocción de alimentos				
Prop. de consumo en calefacción				
Prop. de consumo en lavado y secado				
Prop. de consumo en ventilación				(*)
Prop. de consumo en calentamiento de agua sanitaria				(*)
Región cálida				
Región fría				

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

INSTITUTO DE ECONOMÍA

Serie Documentos de investigación
estudiantil

Agosto, 2018

DIE 05/18



Instituto de Economía

Facultad de Ciencias Económicas y de Administración
Universidad de la República - Uruguay