



Facultad de Ciencias Económicas y de Administración  
Universidad de la República

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE ADMINISTRACIÓN**

**Trabajo de Tesis para obtener el título de Magíster en Economía**

**DETERMINANTES DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL  
SECTOR RESIDENCIAL EN URUGUAY**

**por**

**PAULA LAUREIRO**

**Tutores**

**Ec. CAROLINA ROMÁN**

**Ing. BENO RUCHANSKY**

**Montevideo  
URUGUAY  
2017**

**Página de Aprobación**

**FACULTAD DE CIENCIA ECONÓMICAS Y ADIMINISTRACIÓN**

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba la Monografía:

Título.....  
.....

Autor  
.....

Tutores  
.....  
.....

Puntaje  
.....

Miembros del tribunal

Profesor/a..... Firma.....

Profesor/a..... Firma.....

Profesor/a..... Firma.....

Fecha: .....

Autora: Paula Laureiro

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco de manera especial a mis tutores, Carolina y Beno, 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 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.

## 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 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. Asimismo, aporta evidencia empírica respecto a la utilidad de emplear modelos de demanda ampliados en el análisis de la demanda de energía eléctrica residencial y resalta la importancia de la incorporación de los usos energéticos.

**Clasificación JEL: D12; C25; C25; Q41.**

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

## **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. It also brings information for demand management policies and, therefore, for more accurate forecasts. Furthermore, it provides empirical evidence of extending demand models for residential electricity demand analysis and highlights the importance of the incorporation of energy uses.

**JEL classification: D12; C25; C25; Q41.**

**Keywords: Residential electricity demand, energy uses, quantile regressions**

# Contenido

1.	Introducción .....	1
2.	Energía Eléctrica en Uruguay .....	4
2.1.	Generación de energía eléctrica en Uruguay.....	4
2.2.	Evolución del consumo de energía eléctrica .....	5
3.	Antecedentes .....	9
3.1.	Antecedentes internacionales .....	9
3.2.	Antecedentes nacionales .....	14
4.	Objetivos e hipótesis .....	18
5.	Marco teórico .....	20
5.1.	Dimensión social de los usos de energía.....	20
5.2.	Análisis de la demanda.....	22
6.	Estrategia empírica.....	25
6.1.	Metodología .....	25
6.1.1.	Modelo para la estimación de la demanda de energía eléctrica residencial .....	25
6.1.2.	Regresiones cuantílicas .....	28
6.2.	Fuente de datos.....	31
6.2.1.	Construcción de las variables incluidas en la estimación.....	33
6.2.1.1.	Estimación e imputación del ingreso .....	34
6.2.2.	Cálculo del consumo de energía eléctrica por usos.....	37
6.2.3.	Regiones según temperatura media.....	40
7.	Análisis descriptivo y resultados del modelo.....	42
7.1.	Análisis descriptivo.....	42
7.1.1.	Ingreso per cápita y composición del hogar.....	44
7.1.2.	Características de la vivienda.....	46
7.1.3.	Tenencia de electrodomésticos.....	48

7.1.4.	Consumo de energía eléctrica según participación de los usos energéticos.....	49
7.1.5.	Síntesis .....	51
7.2.	Estimación por medio de MCO.....	51
7.2.1.	Resultados para toda la muestra .....	55
7.2.2.	Resultados para las sub-muestras según nivel de ingreso .....	57
7.2.3.	Síntesis .....	60
7.3.	Estimación de regresiones cuantílicas.....	62
7.3.1.	Síntesis .....	69
8.	Conclusiones .....	70
	Bibliografía .....	73
	Anexos .....	79
	A. Consumo Final Energía Eléctrica en Uruguay .....	79
	B. Construcción de variables incluidas en la estimación .....	82
	B.1. Índice de bienes durables.....	82
	B.2. Resultados de la estimación del ingreso per cápita .....	84
	B.3. Cálculo del consumo de energía eléctrica por usos .....	85
	C. Resultados .....	91

## Tabla de ilustraciones

### Gráficos

Gráfico 2.1. Producción de energía por fuente e importación (GWh) .....	5
Gráfico 2.2. Consumo promedio mensual residencial por región (kWh/mes) -1996-2015- .....	6
Gráfico 2.3. Relación entre el consumo promedio mensual de los meses de invierno respecto a los meses de verano -Año 2015-.....	7
Gráfico 7.1. Proporción de hogares (en %) según rango de consumo promedio mensual de energía eléctrica (en kWh) por cuartil de ingreso per cápita .....	45
Gráfico 7.2. Hogares según cantidad de integrantes del hogar por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %) .....	46
Gráfico 7.3. Hogares según cantidad de menores de 10 años por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %) .....	46
Gráfico 7.4. Proporción de hogares según material predominante en el techo de la vivienda por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %) .....	47
Gráfico 7.5. Proporción de hogares según metros cuadrados construidos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %) .....	48
Gráfico 7.6. Tenencia de electrodomésticos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región.....	49
Gráfico 7.7. Participación de los usos energéticos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región .....	50
Gráfico 7.8. Regresiones cuantílicas.....	65
Gráfico 7.9. Regresiones cuantílicas.....	66
Gráfico 7.10. Regresiones cuantílicas.....	67
Gráfico 7.11. Regresiones cuantílicas.....	68
Gráfico 7.12. Regresiones cuantílicas.....	69
Gráfico A.1 Consumo final de energía eléctrica por sector (en ktep) .....	79
Gráfico A.2. Tasa de electrificación por región .....	79
Gráfico A.3. Proporción de hogares conectados irregularmente a la red eléctrica por decil de ingresos. Total país. Año 2008.....	80
Gráfico A.4. Uso de energía eléctrica como principal fuente para cocción según región y quintil de ingreso .....	81
Gráfico A.5. Proporción de hogares con aire acondicionado según región y quintil de ingresos .....	81

### Tablas

Tabla 3.1. Resumen de los principales antecedentes internacionales sobre el análisis residencial de energía eléctrica .....	12
Tabla 3.2. Resumen de los principales antecedentes nacionales sobre el análisis del consumo residencial de energía eléctrica .....	17



Tabla 6.1. Descripción de las variables incorporadas en el análisis.....	28
Tabla 6.2. Variables incluidas en la estimación del ingreso per cápita del hogar .....	37
Tabla 7.1. Estadísticas descriptivas según región, año 2015 (*).....	42
Tabla 7.2. Resultados de las estimaciones por MCO.....	53
Tabla 7.3. Resultados de los antecedentes en relación a la elasticidad ingreso del consumo de energía eléctrica del hogar.....	55
Tabla 7.4. Resultados de las estimaciones MCO y regresiones cuantílicas .....	63
Tabla A.1. Distribución de hogares, clientes residenciales y consumo de energía eléctrica por departamento.....	80
Tabla B.1. Coeficientes de ponderación de los bienes en el índice.....	83
Tabla B.2. Coeficientes y significación de la estimación MCO del ingreso per cápita para distintas sub-muestras .....	84
Tabla B.3. Estadística descriptiva del ingreso estimado considerando alternativa para la inclusión del error .....	85
Tabla B.4. Clasificación de los hogares en quintiles de ingreso según ingreso per cápita imputado -con errores o sin errores- .....	85
Tabla B.5. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso Cocción .....	85
Tabla B.6. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso Conservación de alimentos .....	86
Tabla B.7. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso Calefacción de ambientes.....	87
Tabla B.8. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso ventilación y refrigeración de ambientes .....	87
Tabla B.9. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso lavado y secado de ropa y vajilla .....	88
Tabla B.10. Potencia media asociada a las pérdidas del calefón por disipación del calor .....	89
Tabla B.11. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso lavado y secado de ropa y vajilla (Wh/h).....	90
Tabla C.1. Matriz de correlación entre las variables continuas.....	91
Tabla C.2. Estadística descriptiva según nivel socioeconómico .....	92
Tabla C.3. Resultados de las estimaciones del modelo por MCO utilizando mediciones alternativas de los usos energéticos .....	93
Tabla C.4. Resultado de modelos considerando variables regionales alternativas .....	94
Tabla C.5. Resultados de los contrastes de igualdad de las regresiones cuantílicas (p-valor). .....	95

## **Ilustraciones**

Ilustración 6.1. Temperatura media anual (°C).....	40
--	----

# 1. Introducción

La energía tiene un papel central en el desarrollo de una sociedad<sup>1</sup>, 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 gran relevancia. Los progresos y cambios esperados en la actividad energética tienen fuerte impacto a nivel macroeconómico y social. Un abastecimiento inadecuado, producto de previsiones inexistentes o incorrectas, puede limitar fuertemente la actividad económica, producir altos costos en el sistema de abastecimiento y disminuir el bienestar de la población (Bouille, 2004; Pistonesi, et al., 2003).

En base a estas consideraciones Uruguay ha procurado realizar análisis de prospectiva energética, principalmente enmarcados en la planificación del desarrollo (Oficina de Planeamiento y Presupuesto, 2010; Blanco, et al, 2013; Dirección Nacional de Energía, 2014; Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2015). Dentro del sector energético, el eléctrico, ha recibido especial atención producto de su participación en los sectores residencial<sup>2</sup> y productivo -desde mediados de los años 90 se posiciona como el segundo energético en el consumo final de energía (Balance Energético Nacional, 2015)-<sup>3</sup> y por sus características particulares -industria de red, necesidad de balance instantáneo entre oferta y demanda, entre otras- que hacen muy importante contar previsiones confiables.

El sector residencial es el que presenta mayor peso en el consumo final, con una participación entorno al 40% del total en los últimos 10 años (Balance Energético Nacional, 2015). Más allá de su participación preponderante en el consumo final de energía eléctrica, la importancia del análisis de este sector se asocia al rol que tiene el acceso a fuentes modernas de energía<sup>4</sup> en la calidad de vida, el bienestar y las posibilidad de desarrollo futuro de las personas (Bertoni, et al, 2008; Kozulj, 2009).

---

<sup>1</sup> El vínculo entre energía y desarrollo ha dado lugar a amplias discusiones respecto a los modelos de desarrollo y los requerimientos energéticos asociados (Pachauri, 1977; Meadows, et al, 1992; Bertoni y Román, 2006; Bertoni, 2011).

<sup>2</sup> El sector residencial incluye todas las actividades relacionadas con la vivienda privada (Fundación Bariloche y PRIEN, 2008). En este trabajo el consumo de energía del sector residencial se entiende como el consumo que realizan los hogares.

<sup>3</sup> En el año 2014, el consumo de residuos de biomasa igualó en proporción el consumo de electricidad, lo cual se encuentra directamente relacionado con la operación de las dos plantas de celulosas instaladas en el país.

<sup>4</sup> Electricidad, gas licuado de petróleo, gas natural, derivados del petróleo.

En este sentido, un mayor conocimiento de los factores que influyen sobre la demanda de energía eléctrica del sector residencial permite obtener proyecciones más ajustadas y brinda herramientas para optimizar la programación de la generación eléctrica a corto y mediano plazo, mejorar la gestión de la demanda y lograr una mayor eficiencia de las políticas energéticas. Esto es especialmente importante en el caso uruguayo, donde algunas particularidades referentes a la generación eléctrica -peso de la generación hidráulica y participación creciente de fuentes no gestionables- provocan una importante aleatoriedad en la oferta de energía.

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<sup>5</sup> (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 exclusivamente en el impacto del ingreso del hogar.

A partir de los elementos señalados, este 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 -coccción, calefacción, ventilación, calentamiento de agua sanitaria y conservación de alimentos-. En primera instancia, este análisis se realiza a partir de la

---

<sup>5</sup> La demanda de energía es una demanda derivada. En particular, en los hogares los requerimientos de energía se derivan de su demanda de ciertos servicios en busca de cubrir determinadas necesidades. Por ejemplo, demandan calefacción para cubrir su necesidad de subsistencia.

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 permite obtener información respecto al consumo de energía eléctrica promedio que realizan los hogares urbanos en distintos usos y características del hogar y la vivienda. Asimismo, se utiliza la Encuesta Continua de Hogares 2015 (ECH 2015) para estimar el ingreso per cápita que será imputado en la base de datos principal.

A partir de aquí el trabajo se estructura de la siguiente manera. En la siguiente sección se presentan, de manera resumida, algunas características del sistema eléctrico uruguayo y la evolución de la demanda de energía eléctrica en los últimos 20 años. En la sección tres se citan los antecedentes internacionales y nacionales. Seguidamente se plantean los objetivos e hipótesis que guían el trabajo. En la sección cinco, se explicita el marco teórico general en el cual se circunscribe el trabajo. Seguidamente 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. Energía Eléctrica en Uruguay**

En este apartado se describen algunas características del sistema eléctrico uruguayo que fundamentan la necesidad de contar con buenas previsiones de la demanda y por tanto subrayan la importancia de conocer los factores que influyen en la misma. Asimismo, se presenta una breve descripción de la evolución del consumo final de energía eléctrica en los últimos 20 años con el objetivo de contextualizar la problemática de estudio y obtener ideas primarias que permitan una mejor especificación del modelo bajo análisis.

### **2.1. Generación de energía eléctrica en Uruguay**

La generación de energía eléctrica ha sido fuertemente dependiente del recurso hídrico y por tanto ha estado expuesta a su aleatoriedad. Situaciones de severa sequía, como la constatada en 1989, han impuesto grandes dificultades para abastecer los requerimientos de la demanda, haciendo necesario recurrir a fuentes de generación térmica con elevados costos y en casos extremos a restricciones en el suministro.

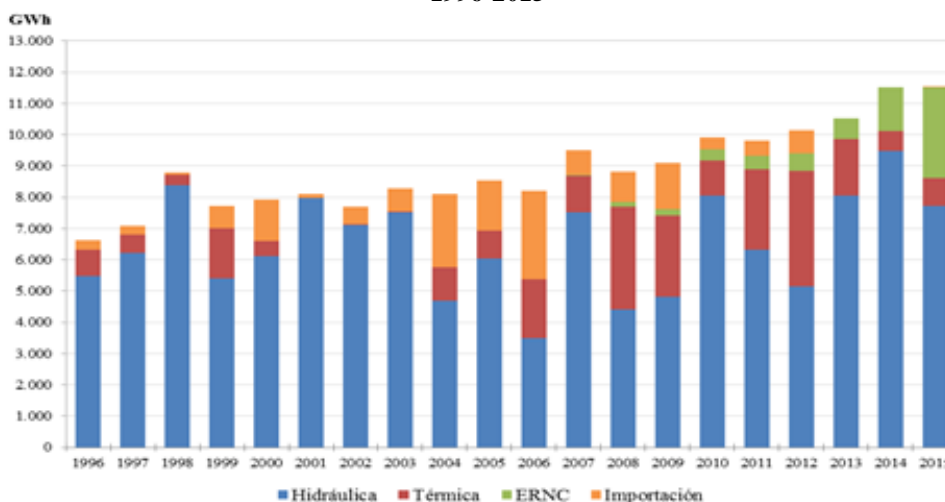
En los últimos cinco años a la aleatoriedad del recurso hídrico se ha agregado la variabilidad horaria, diaria y estacional de las fuentes no gestionables -eólica y solar-. Esto ha sido producto de la importante incorporación al sistema de fuentes de Energía Renovable No Convencional (ERNC) -biomasa, eólica y solar fotovoltaica-, a partir del año 2005, lo cual se consolidó como política de Estado con los Lineamientos Estratégicos de Política Energética (Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear, 2008).<sup>6</sup>

En el Gráfico 2.1 se puede observar la variabilidad del recurso hídrico. Por ejemplo, en solo un año la generación hidráulica pasa de 3500 a 7515 GWh -2006 y 2007, respectivamente-. Asimismo, se muestra la evolución creciente en los últimos cinco años de la participación de las fuentes de ERNC que, junto con la importante participación de la generación de origen hidráulica, permitió prescindir de la importación de energía eléctrica.

---

<sup>6</sup> Lineamientos aprobados en 2008 y ratificados en 2010 por todos los partidos con representación parlamentaria.

**Gráfico 2.1. Producción de energía por fuente e importación (GWh)  
-1996-2015-**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de UTE en cifras 1996 a 2015

## 2.2. Evolución del consumo de energía eléctrica

Es importante incorporar al análisis anterior la evolución del consumo final de energía eléctrica<sup>7</sup>, tanto por la importancia de la gestión de la demanda, como por la particular relación entre oferta y demanda de energía eléctrica, que deriva de sus características específicas: necesidad de que exista un balance instantáneo entre oferta y demanda dado que el almacenamiento de energía eléctrica a gran escala no es económicamente viable, el hecho de que sea una industria intensiva en capital, caracterizada principalmente por grandes inversiones con tiempos prolongados de maduración, entre otras.<sup>8</sup>

En los últimos 20 años se verifica un crecimiento sostenido del consumo final de energía eléctrica, con excepción del período comprendido entre 2001 y 2003 producto de la crisis económica que afectó al país y a la región (Gráfico A.1 en Anexo A). 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

<sup>7</sup> Por consumo final de energía eléctrica se entiende toda la energía eléctrica generada menos la exportación, las pérdidas técnicas y el consumo para la producción o transformación de energía (Dirección Nacional de Energía, 2016).

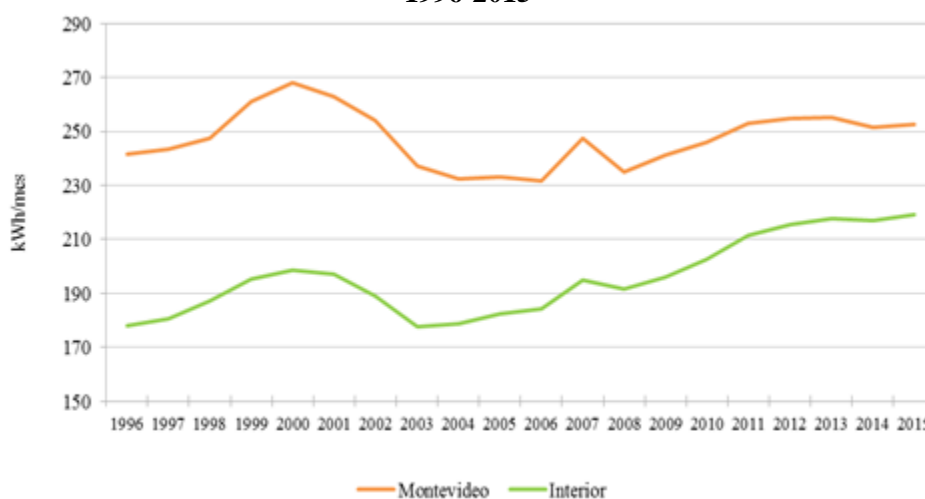
<sup>8</sup> Los sistemas eléctricos disponen de diferentes tipos de centrales de producción, con costos fijos y variables dispares, el planificador debe decidir de qué manera moviliza estas centrales para cubrir óptimamente, al menor costo, la demanda existente. Este razonamiento puede ser generalizado al largo plazo en lo que refiere al diseño del parque óptimo de producción. En el corto plazo, es probable que el parque esté desadaptado, dado que las inversiones son discretas y, en Uruguay, la escala mínima de algunos tipos de centrales de generación es grande en relación a la demanda (Hansen y Percebois, 2014).

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 (Gráfico A.2 en Anexo A).

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.<sup>9</sup> 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 mientras el consumo en el interior ha superado el nivel alcanzado previo a la crisis económica del año 2002, en Montevideo el crecimiento ha sido más lento y no se retomaron los niveles anteriores a la crisis (Gráfico 2.2).

**Gráfico 2.2. Consumo promedio mensual residencial por región (kWh/mes)  
-1996-2015-**

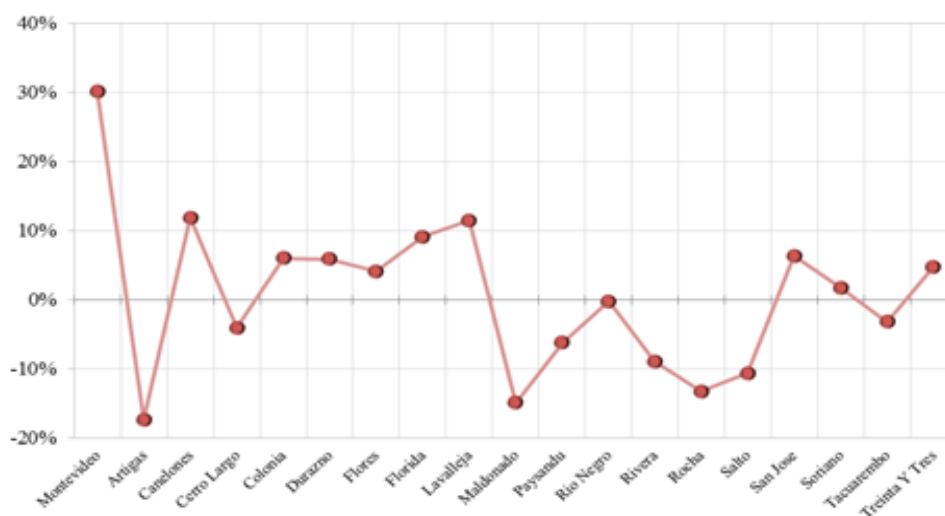


Fuente: Elaboración propia en base a datos administrativos de UTE

<sup>9</sup> En base a datos mensuales de UTE respecto a venta de energía eléctrica y cantidad de clientes del sector residencial.

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 sobre el Río Negro junto a Maldonado y Rocha<sup>10</sup> cuyo consumo se incrementa en los meses de verano y el resto de los departamentos con mayor consumo en los meses de invierno (Gráfico 2.3).

**Gráfico 2.3. 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<sup>11</sup>, 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

<sup>10</sup> El incremento del consumo mensual en los meses de verano en Rocha y Maldonado, puede asociarse al flujo de turistas que se produce en dichos departamentos durante estos meses. En el caso de Maldonado, mientras el porcentaje de hogares corresponde al 5,4% del total país, concentra el 9,1% del consumo residencial (Tabla A.1 en Anexo A)

<sup>11</sup> La ECH consultó respecto al tipo de conexión a la red eléctrica únicamente para los años 2006, 2007 y 2008.



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- (Gráfico A.3 en Anexo A).

En lo que refiere a los usos energéticos, en Uruguay no existen encuestas periódicas que permitan obtener información directa de la evolución de los distintos usos, sin embargo la ECH proporciona información indirecta a partir de las preguntas sobre la principal fuente de energía para cocción y calefacción<sup>12</sup> y sobre la tenencia de algunos equipos que utilizan energía eléctrica para funcionar (Gráfico A.4 y Gráfico A.5 en Anexo A).

En síntesis. En este apartado se comentaron algunas características de la generación eléctrica en Uruguay que enfatizan la necesidad de profundizar el conocimiento de los determinantes del consumo final de energía eléctrica con la finalidad de elaborar políticas de gestión de la demanda, generar previsiones más ajustadas, gestionar la generación de corto plazo y planificar las inversiones.

Por otro lado, 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 deseable incorporar estos factores en los modelos de análisis.

---

<sup>12</sup> Calefacción se incluye en la ECH a partir de 2014.

### **3. Antecedentes**

En esta sección se presentan los principales antecedentes relevados referentes a los determinantes del consumo de energía eléctrica residencial, tanto a nivel internacional como nacional, haciendo énfasis en los objetos de estudio, las variables incluidas en el análisis, los enfoques utilizados y las metodologías aplicadas. En primera instancia se presentan los antecedentes internacionales, incluyendo los regionales, y en segundo lugar, se exhiben las referencias sobre Uruguay.

#### **3.1. Antecedentes internacionales**

A nivel internacional en la última década se han extendido los trabajos que analizan la demanda de energía. El interés de asegurar un suministro seguro y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> ha motivado una especial 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) analizan el consumo residencial de energía en Portugal y resaltan la necesidad de identificar los factores determinantes de la demanda de los servicios energéticos para realizar buenas proyecciones. Identifican sobre qué usos finales y parámetros es posible actuar con la intención de obtener reducciones efectivas del consumo de energía en un horizonte de largo plazo. Resaltan el rol de los factores vinculados a las pautas de consumo de los integrantes del hogar, principalmente los relacionados al acondicionamiento térmico de la vivienda y al esparcimiento.

En esta misma línea, Guerra Santin (2011) se centra en el estudio de los patrones asociados al gasto de energía en calefacción en los Países Bajos. Analiza los factores de comportamiento de los integrantes del hogar, los patrones vinculados al uso de los espacios y los equipos y las características de los hogares a partir de lo cual identifica asociaciones entre estas características y perfiles de usuarios de energía. Por su parte, Brounen, et al. (2012) analizan los determinantes del consumo de energía eléctrica y gas con énfasis en la composición del hogar y las características de las viviendas a partir de datos microeconómicos para 300.000 viviendas holandesas. Concluyen que el consumo de gas está

vinculado principalmente a las características de la vivienda, en tanto, el de electricidad se relaciona con las características socioeconómicas del hogar, principalmente el ingreso y la composición.

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 -cantidad de miembros, acceso a otros energéticos-. Utilizando datos de la Encuesta Nacional de Gastos de Hogares 2004-2005 indaga respecto a los determinantes del consumo de energía del hogar y per cápita a partir de un modelo de regresión lineal aplicando la metodología MCO. Encuentra una baja elasticidad ingreso y precio de la demanda de energía eléctrica (0,27 y -0.23 respectivamente). Asimismo, 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, que incorporan al análisis promedio, a partir de modelos lineales, 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 -en metros cuadrados- son las variables más influyentes en el gasto en electricidad de un hogar. La relación respecto al número de miembros disminuye en hogares con alto consumo, caso contrario sucede en relación al tamaño de la vivienda.

Por su parte, Kaza (2010) utiliza la metodología de regresiones cuantílicas para explicar el consumo residencial de energía para acondicionamiento térmico de ambientes -calefacción y refrigeración-, a partir de características de la vivienda y del hogar en Estados Unidos. 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. Incluyen cuatro grupos de variables. En primer lugar, se toman en cuenta variables de ingreso y características del hogar y la vivienda. El segundo grupo, incluye variables

referentes a las características del jefe o jefa de hogar y variables relativas a la presencia de menores o adultos mayores. El tercer grupo refiere al uso de fuentes de energía alternativas y equipamiento del hogar. Finalmente, se consideran variables referidas a la ubicación, forma de tenencia, tipo de vivienda y precariedad de los materiales constructivos. Concluyen que no es posible establecer una relación clara y significativa entre el gasto per cápita del hogar y el consumo elevado 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. En la Tabla 3.1 se presenta un resumen de los antecedentes internacionales citados, identificando la metodología, los datos y los principales determinantes incluidos en el análisis.

**Tabla 3.1. Resumen de los principales antecedentes internacionales sobre el análisis residencial de energía eléctrica**

Autores/as	País/Provincia	Metodología	Datos	Determinantes del consumo residencial de energía eléctrica
Gouveia, et al. (2012)	Portugal	Bottom up	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estadísticas nacionales</li> <li>- Balances Nacionales de Energía</li> <li>- Juicio de expertos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad y edad de los integrantes del hogar</li> <li>- Tamaño y ubicación de la vivienda</li> <li>- Cantidad, tipo y eficiencia energética del equipamiento eléctrico</li> </ul>
Guerra Santin (2011)	Países Bajos	Análisis de conglomerados y correlación	Encuesta de hogares 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingreso del hogar</li> <li>- Cantidad de integrantes del hogar</li> <li>- Área a calefaccionar en m2 y cantidad de habitaciones</li> <li>- Mayores de 65 y menores de 12 años</li> <li>- Tipo de tenencia de la vivienda</li> <li>- Educación de los integrantes</li> <li>- Equipamiento con termostato</li> </ul>
Brounen, et al. (2012)	Holanda	Regresión Múltiple	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos de viviendas registradas en la Asociación Nacional de Vendedores 2008-2009</li> <li>- Consumo de electricidad y gas registrado en el Central Bureau of Statistics 2008</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo y antigüedad de la vivienda</li> <li>- Características térmicas de la vivienda: cantidad de habitaciones, calefacción central, aislamiento</li> <li>- Temperatura ambiente</li> <li>- Características demográficas de los residentes: cantidad y edad de los integrantes, ingreso del hogar, proporción de mujeres, cantidad de ocupados</li> </ul>
Margulis (2014)	Argentina	Regresión Múltiple	Encuesta Nacional de Gastos de Hogares 2004-2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasto del hogar</li> <li>- Cantidad de integrantes del hogar</li> <li>- Cantidad de menores de 14 y mayores de 65 años</li> <li>- Región y ubicación en zona rural</li> <li>- Acceso a Gas Natural</li> <li>- Tipo de vivienda y material de las paredes</li> <li>- Tenencia de Aire Acondicionado</li> </ul>
Medina y Vicéns (2011)	España	Regresiones cuantílicas	Encuesta de Presupuestos Familiares 2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingreso del hogar</li> <li>- Cantidad de integrantes del hogar</li> <li>- Tamaño en m2 y antigüedad de la vivienda</li> <li>- Tipo de vivienda</li> <li>- Calefacción eléctrica</li> <li>- Zona de residencia y región del país</li> </ul>

Kaza (2010)	Estados Unidos	Regresiones cuantíficas	Encuesta de Consumo de Energía Residencial 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingreso del hogar</li> <li>- Cantidad de integrantes del hogar</li> <li>- Tamaño en m2 y antigüedad de la vivienda</li> <li>- Tipo de vivienda</li> <li>- Tipo de tenencia de la vivienda</li> <li>- Precio</li> </ul>
Hancevic y Navéjas (2015)	Buenos Aires	Regresiones cuantíficas	Encuesta Nacional de Gastos de Hogares 2004-2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasto per cápita del hogar</li> <li>- Cantidad de integrantes del hogar</li> <li>- Cantidad de menores de 14 y de mayores de 65 años</li> <li>- Características demográficas del jefe/a (edad, actividad)</li> <li>- Cantidad de habitaciones</li> <li>- Tenencia de Aire Acondicionado</li> <li>- Acceso a GLP</li> <li>- Tipo de calefacción</li> <li>- Ubicación de la vivienda</li> <li>- Tenencia de la vivienda</li> <li>- Materiales de la pared y techo</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia. Ver referencias completas en la bibliografía

### **3.2. Antecedentes nacionales**

En Uruguay la escasez de datos a nivel de hogares sobre la demanda de energía, principalmente fuentes de datos que combinen información energética con variables relativas a las características del hogar, conduce a la existencia de exiguos antecedentes con este enfoque.

Dentro de los trabajos iniciales, con foco en la demanda de energía eléctrica se destacan los resultantes del convenio entre UTE y la Universidad de la República (UdelaR) en 1992, convenio que se mantuvo hasta fines de los años 90. Su objetivo fue mejorar los modelos para la previsión de la demanda de energía eléctrica y la gestión de la demanda. Este grupo de trabajos se centra en el análisis de series temporales para el desarrollo de modelos de proyección de mediano, corto y largo plazo y no ahondan particularmente en las diferencias existentes a la interna del sector residencial.

Más recientemente, se han desarrollado trabajos que se centran en la demanda de energía, sin embargo, 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; Dirección Nacional de Energía, 2014; Lanzilotta y Rosá, 2012; Lanzilotta y Rodríguez, 2014).

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 Cabrera, et al. (2002), busca elaborar y valorar una Canasta Básica de Consumo Energético (CBCE) para los hogares de bajos ingresos, entendida como la energía necesaria para satisfacer un nivel mínimo de subsistencia. Las autoras utilizan la “Encuesta de demanda y uso racional de la energía eléctrica” realizada por UTE entre 1994 y 1995, restringiendo el alcance del trabajo a los clientes del sector residencial montevideano, de nivel socioeconómico medio-bajo que se encuentran conectados de manera regular a la red eléctrica. A partir de un enfoque de usos

energéticos -que incluye los usos de cocción, calentamiento de agua, calefacción, conservación de alimentos, iluminación y comunicación-, construyen una canasta que combina dos fuentes: electricidad y gas licuado de petróleo (GLP)<sup>13</sup> -102,7 kWh y 9,2 kg de cada energético al mes-.

Más recientemente, 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 con la finalidad de determinar un consumo mínimo para la construcción de subsidios a dichos servicios. 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. Para estimar 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. El trabajo no ahonda en los resultados del modelo, sin embargo pueden destacarse dos elementos: la baja elasticidad ingreso (0,25) y el impacto significativo de las características del hogar y la vivienda sobre el consumo de energía eléctrica.

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. Asimismo, el autor procura analizar la distribución del consumo en energéticos entre los hogares, para lo cual calcula el Gini energético y el Gini eléctrico. Salvo el caso de la energía eléctrica, en los restantes energéticos -GLP, gas natural, gas oil, nafta y leña- existe una importante concentración, mayor que la concentración del ingreso.

Por otro lado, dentro del segundo grupo de trabajos, Gerschuni (2013) estima la elasticidad ingreso del consumo de energía eléctrica de los hogares uruguayos a partir de una Curva de Engel, teniendo en cuenta ecuaciones diferenciales para los distintos quintiles de ingresos y para distintos grados de urbanización. Se utilizan dos ecuaciones de Engel, una que solo incluye el ingreso del hogar y otra que incorpora un stock fijo de electrodomésticos. La fuente de información seleccionada es la ENGIH, trabajando directamente a partir del gasto en energía eléctrica que surge de la misma. Concluye que el consumo de energía eléctrica de los hogares presenta las características de un bien necesario -elasticidad ingreso de 0,58 para

---

<sup>13</sup> También conocido como supergas.



el largo plazo<sup>14</sup> y 0,52 para el corto plazo- y que existe una relación de tipo U invertida ente el ingreso del hogar y la elasticidad ingreso del consumo de energía eléctrica.

Finalmente, el trabajo realizado por Pérez de la Llana (2013) caracteriza la demanda residencial de GLP en Uruguay. Considera variables socioeconómicas, educativas y demográficas, centrándose en el uso cocción. Utiliza un modelo micro econométrico de Heckman en dos etapas. En una primera etapa estudia las características que definen la elección de GLP como principal energético para el uso de cocción. En la segunda etapa se determinan las variables que tienen influencia en la elección de la cantidad a consumir.

El estudio encuentra una incidencia positiva del nivel de ingreso de los hogares, el nivel educativo del jefe/a de hogar, 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. Asimismo, se encuentra negativamente vinculado a la cantidad de integrantes del hogar y el precio relativo del GLP respecto a la energía eléctrica. En tanto, en lo que refiere al consumo por parte de los hogares, influyen de manera positiva el nivel de ingresos, la integración del hogar y las características de la vivienda.

En la Tabla 3.2 se presenta una síntesis de los antecedentes comentados.

---

<sup>14</sup> Sin controlar por el stock de electrodomésticos.

**Tabla 3.2. Resumen de los principales antecedentes nacionales sobre el análisis del consumo residencial de energía eléctrica**

Autores/as	Fuente de datos	Alcance y metodología	Principales resultados
Cabrera et al. (2002)	Encuesta de demanda y uso racional de la energía eléctrica 1994-1995 (UTE)	Hogares de Montevideo conectados de manera regular al servicio eléctrico pertenecientes a niveles socioeconómicos medios-bajos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cocción es el único uso energético en el cual la electricidad no es la fuente principal.</li> <li>- Canasta con dos energéticos: electricidad (103 kWh/mes) y GLP (9,2 kg/mes)</li> <li>- Los hogares ubicados en el primer decil de ingresos destinan 7,6% y 11,6% de su ingreso per cápita al gasto en energéticos, Montevideo e interior respectivamente,</li> </ul>
Amarante y Ferrando (2011)	Encuesta Nacional de Gastos e Ingresos de los Hogares (ENGHIH) 2004-2005 (INE)	Hogares conectados que declaran gasto en energía eléctrica en todo el país. Análisis descriptivo y regresión lineal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencias importantes a nivel país en los usos de cocción y calefacción</li> <li>- Gasto en energía eléctrica tiene impacto diferencial por región y decil de ingresos - Baja elasticidad ingreso del consumo de energía eléctrica (0,25)</li> <li>- Impacto estadísticamente significativo de las variables relativas a las características del hogar y la vivienda.</li> </ul>
Messina (2015)	- ECH 2006 a 2008, 2011 y 2013 (INE) - ENGHIH 2004-2005 (INE) - Relevamientos de campo para el programa Tarjeta Uruguay Social (MIDES) - Datos administrativos (UTE) - Balances Energéticos (DNE)	Hogares en todo el país  Análisis descriptivo y regresión lineal (para estimar el consumo a partir del gasto en energía eléctrica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hogares del primer decil de ingresos gastan en energéticos, como proporción a sus ingresos, más del doble que los hogares en el último decil</li> <li>- Con excepción de la energía eléctrica, la distribución de los energéticos - medida a partir del índice de GINI- está altamente concentrada, incluso comparada con activos como ingresos del capital</li> </ul>
Gerschuni (2013)	Encuesta Nacional de Gastos e Ingresos de los Hogares 2004-2005 (INE)	Hogares conectados que declaran gasto en energía eléctrica en todo el país.  Regresión lineal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elasticidad ingreso del consumo de energía de largo plazo mayor a la de corto plazo (0,58 y 0,52 respectivamente)</li> <li>- Elasticidad ingreso de corto plazo menor en primer quintil de ingresos (0,30 frente a 0,51 en quinto quintil)</li> <li>- La diferencia entre la elasticidad de corto y largo plazo disminuye en los deciles más altos</li> </ul>
Pérez de la Liana (2013)	- Encuesta Nacional de Hogares Ampliada 2006 (INE) - Encuesta sobre consumo y uso de la energía en el sector residencial urbano 2006 (FB)	Hogares en todo el país (excluyendo balnearios).  Modelo micro econométrico de Heckman en dos etapas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relación positiva entre selección de GLP como principal energético para el uso cocción con: la educación y la edad del jefe/a de hogar y el número de habitaciones</li> <li>- Relación negativa con el precio relativo entre GLP y energía eléctrica</li> <li>- Vínculo positivo entre consumo de GLP e ingresos del hogar, características de la vivienda y composición del hogar</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## 4. 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. 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.

A partir de este objetivo general, se definen tres objetivos específicos y tres hipótesis.

La evidencia reseñada ha dado cuenta del rol que juegan las características socioeconómicas del hogar, de la vivienda y la región en la determinación del consumo de energía eléctrica. En este sentido se desprende una primera hipótesis de trabajo:

**Hipótesis 1.** El análisis de la demanda de la energía eléctrica residencial requiere del empleo de modelos ampliados que, además del ingreso del hogar, incorporen las características del hogar y de la vivienda y consideren el carácter de demanda derivada de la energía eléctrica. A partir de esta hipótesis se deriva el primer objetivo específico:

**Objetivo específico 1.** 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. Asimismo, dado su carácter de demanda derivada, 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.

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 2.** 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 segundo objetivo específico del trabajo:

**Objetivo específico 2.** Analizar el impacto diferencial de los determinantes del consumo de energía eléctrica de los hogares en función de su nivel socioeconómico.

Por último, 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 3.** 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 tercer objetivo específico de trabajo:

**Objetivo específico 3.** 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.

## **5. Marco teórico**

### **5.1. Dimensión social de los usos de energía**

En este trabajo la energía es considerada como un bien material y social, con un vínculo estrecho con el desarrollo humano y la calidad de vida, que posee características particulares que hacen de su estudio económico un campo particular.

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).

Una característica destacable referente a la energía, ya mencionada en la sección 1, es su carácter de demanda derivada, es decir, no es una necesidad específica, “la energía interviene como un requerimiento final o intermedio en la satisfacción de las necesidades sociales” (Bouille, 2004, p. 107).

En particular, los hogares demandan servicios asociados a la energía, demandan la satisfacción de ciertas necesidades, como alimentación, vivienda, transporte, acondicionamiento térmico, entre otros. La energía no es estrictamente un valor, pero sí es un elemento crucial para el acceso a determinados productos y servicios que permiten cubrir muchas de las necesidades humanas. Aunque la energía en sí misma no es un derecho humano básico, sí es esencial para el cumplimiento de todas las necesidades (Bradbrook y Gardam, 2006).

El estudio del sector energético considerando la dimensión social de los usos de la energía presenta una gran complejidad, sin embargo proporciona dos importantes beneficios. En primer lugar, permite explorar la complejidad de las decisiones y acciones de las personas respecto a cómo y para qué utilizan la energía. En segundo lugar, enfatizan en el rol de factores sociales y culturales en la relación de las personas con la energía (Sovacool, 2011a).

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).

La manera en que las necesidades se expresan a partir de sus satisfactores no es única ni invariante, no solo a nivel de la sociedad en general sino a la interna de la misma, a partir de la distribución del ingreso entre sus miembros. 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).

Una primera forma de acercarse a dicha heterogeneidad es dividir a los hogares respecto al ingreso del hogar, en el entendido de que este afecta directamente el porqué y el cómo demandan energía. Los hogares de menores ingresos relativos presentan en general un consumo mayormente relacionado con la subsistencia, ya que utilizan la energía principalmente para conservación y cocción de alimentos y para mantener una temperatura adecuada en el hogar. En muchos casos, aun teniendo acceso a fuentes modernas de energía, por ejemplo electricidad, pueden carecer del equipamiento adecuado para cubrir sus necesidades energéticas. En tanto, los hogares de ingresos medios incorporan un consumo relacionado con factores socio-económicos en busca de determinado nivel de confort con atención en minimizar los costos a partir del uso de equipamiento más eficiente. Finalmente, en los hogares de mayores ingresos, a los elementos señalados en los otros dos grupos de hogares, se añade la demanda de energía asociada al consumo suntuario. Más allá de incorporar tecnologías y energéticos a los que acceden los sectores medios, una característica particular es su consumo más intensivo en energía (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 modelos que se aproximan al estudio desde una perspectiva más amplia, considerando factores socio-económicos, demográficos y culturales permiten arribar a estimaciones, que si bien son más complejas en su cálculo, dan lugar a recomendaciones de política más acabadas.

Los elementos tratados dan cuenta de las características específicas de la energía, en particular las asociadas a su condición de demanda derivada. En este sentido, el análisis de la demanda de energía no debe obviar el rol de los factores socio-culturales, geográficos y tecnológicos. Asimismo, debería considerar los patrones culturales imperantes en una

sociedad que inciden en la definición de las necesidades y la relación de las mismas con los distintos satisfactores.

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.

A continuación, partiendo del modelo básico de demanda, se plantean los supuestos requeridos para incorporar los factores explicativos reseñados en el análisis de la demanda residencial de energía eléctrica.

## 5.2. Análisis de la demanda<sup>15</sup>

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:

$$\text{Max}U(q) \text{ sa } \sum p_k q_k = x \text{ con } k = 1, \dots, n \quad (5.1)$$

$U(q)$  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.

$$q_k = g_k(x, p) \quad (5.2)$$

Sustituyendo las cantidades por (5.2) en la función de utilidad (5.1) se arriba a lo que se conoce como la función indirecta de utilidad (5.3).

---

<sup>15</sup> En este apartado se siguen principalmente los planteos de Brown y Deaton (1972), Deaton y Muellbauer (1980) y Deaton (1997).

$$U^* = (q_1, q_2) = U(g_1(p_1, p_2, x), g_2(p_1, p_2, x)) = \Psi(p_1, p_2, x) \quad (5.3)$$

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. En particular, a partir de la especificación de la ecuación doble logarítmica es posible interpretar los coeficientes asociados a las variables precio e ingreso directamente como las elasticidades precio e ingreso, respectivamente.

Los postulados planteados 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. La separabilidad fuerte implica que estas funciones se combinan de forma aditiva para generar la utilidad total. Por su parte, la separabilidad débil, permite asumir otras combinaciones sin imponer la aditividad de las funciones de subutilidad.

Siendo  $q_k$  un subvector de bienes incluidos en el vector  $q$  tal que  $q = (q_k, q_{\bar{k}})$ , se considera que  $q_k$  es débilmente separable si su función de utilidad directa puede escribirse de la siguiente forma:

$$u = v(v_k(q_k), q_k) \quad (5.4)$$

Donde  $v_k(q_k)$  es la función de subutilidad asociada a  $q_k$ , lo que es equivalente a la existencia de un orden de preferencias solo sobre  $q_k$ . Las elecciones sobre las cantidades consumidas de  $q_k$  son consistentes independientemente del vector  $q_{\bar{k}}$ . Genéricamente la separabilidad implica que las preferencias de todos los subvectores de  $q$  pueden ser particionados en  $(q_1, q_2, \dots, q_k, \dots, q_n)$  tal que  $u = v(v_1(q_1), v_2(q_2), \dots, v_n(q_n))$  (Deaton, 1986).

A partir de este supuesto, es posible plantear la función de demanda de un bien o servicio dependiendo solamente de su precio y un índice de precios de los restantes bienes o servicios y, en caso de que no exista información sobre las funciones de demanda de los restantes



bienes, es posible considerar únicamente el efecto ingreso y el efecto precio del propio bien o servicio.

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. Si bien suele utilizarse este supuesto para simplificar el análisis, implica una limitación muy fuerte sobre los resultados, especialmente cuando se estudia algún tipo de demanda particular, como la de energía eléctrica (Fernández Villadangos, 2006). De esta manera, considerar que las preferencias no son homotéticas permite incorporar otras variables en el análisis, en particular las características del hogar, de sus integrantes y de la vivienda en la que residen. En el caso de la demanda de energía eléctrica los antecedentes empíricos presentados en la sección 3 han incluido variables que procuran medir dichas características.

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

Otro aspecto a discutir para analizar la demanda de energía eléctrica tiene que ver con las ventajas y desventajas de utilizar el precio marginal o el precio medio. Esta disyuntiva surge del hecho de que es muy frecuente que la energía eléctrica no tenga un precio único y homogéneo por unidad consumida por lo cual el precio marginal y el precio medio difieren. En los sistemas en los cuales el precio de la energía se estructura de manera escalonada o en dos partes -precios diferentes para potencia y energía-, el precio marginal no es único o no presenta variabilidad entre los hogares y existen problemas de información que hacen costoso para los consumidores determinar el precio marginal. En este tipo de situaciones la mejor alternativa es trabajar a partir del precio medio de la energía eléctrica (Shin, 1985).

## 6. Estrategia empírica

En el presente capítulo se plantea el modelo para la estimación del consumo promedio de energía eléctrica de un hogar y se detalla la metodología aplicada para analizar diferentes puntos de la distribución del consumo. Seguidamente, se describen los datos utilizados, sus ventajas y desventajas y los supuestos y métodos empleados para la construcción de algunas de las variables incluidas en el modelo.

### 6.1. Metodología

#### 6.1.1. 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).

En este trabajo se opta por una especificación ampliada de la función básica de demanda que incorpora al ingreso del hogar las siguientes variables: 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 ( $X_i$ ).  $\mu_i$  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  $\mu_i$  es el término de error.

$H_i$  incluye al ingreso per cápita y la composición del hogar y se define de la siguiente manera:

$$H_i = \alpha_1 \log(Y_{pc})_i + \alpha_2 \text{May}10_i + \alpha_3 \text{men}10_i \quad (6.3)$$

Donde  $\log(Y_{pc})_i$  corresponde al logaritmo del ingreso per cápita del hogar  $i$ ,  $\text{May}10_i$  es el número de integrantes del hogar de 10 o más años y  $\text{men}10_i$  corresponde a la cantidad de menores de 10 años.

$V_i$  son las características de la vivienda:

$$V_i = \beta_1 \cdot \log(\text{tam}_{viv})_i + \beta_2 \text{tipo}_{viv}_i + \beta_3 \text{mat}_{techo}_i \quad (6.4)$$

Donde  $\log(\text{tam}_{viv})_i$  es el logaritmo del tamaño de la vivienda expresado en metros cuadrados,  $\text{tipo}_{viv}_i$  es una variable dummy que indica el tipo de vivienda -casa o apartamento-. Finalmente,  $\text{mat}_{techo}_i$  es una dummy que toma valor 1 si el techo de la vivienda es de material precario -chapa, quincho u otro material de desecho- y 0 en otro caso.

$T_i$  indica la tenencia de equipos que utilizan energía eléctrica para funcionar. Se incluyen calefones y equipos de aire acondicionado.

$$T_i = \gamma_1 \cdot \text{cant}_{aa}_i + \gamma_2 \text{cant}_{calefones}_i \quad (6.5)$$

$\text{cant}_{aa}_i$  es la cantidad de equipos de aire acondicionados,  $\text{cant}_{calefones}_i$  corresponde a la cantidad de calefones que tiene la vivienda.

$U_i$  es la participación relativa de algunos usos en el consumo de energía eléctrica.

$$U_i = \rho_1 \cdot p_{cocc_i} + \rho_2 \cdot p_{alim_i} + \rho_3 p_{calef_i} + \rho_4 p_{lav_i} + \rho_5 p_{vent_i} + \rho_6 p_{acs_i} \quad (6.6)$$

Donde las variables incluidas indican la participación relativa del consumo de energía eléctrica en un uso energético respecto al total de los usos considerado: cocción ( $p_{cocc_i}$ ), conservación de alimentos ( $p_{alim_i}$ ), calefacción ( $p_{calef_i}$ ), lavado y secado de ropa y vajilla ( $p_{lav_i}$ ), ventilación y refrigeración de la vivienda ( $p_{vent_i}$ ) y calentamiento de agua sanitaria ( $p_{acs_i}$ ).

$R_i$  son las variables relativas a la ubicación de la vivienda en distintas regiones.

$$R_i = \theta_1 \cdot reg_{cálida_i} + \theta_2 reg_{fría_i} + \theta_3 reg_{templada_i} \quad (6.7)$$

Donde  $reg_{cálida_i}$ ,  $reg_{fría_i}$  y  $reg_{templada_i}$  son variables dummy que indican si el hogar reside en una zona cálida, fría o templada, respectivamente. Estas regiones fueron construidas en base a la temperatura media del departamento en relación a la temperatura media del país. En la sección 6.2.3 se presenta de manera más detallada la conformación de estas variables.

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. La metodología MCO puede presentar algunas limitaciones asociadas a los supuestos necesarios para su uso. En particular, asume errores homocedásticos, con media cero y normalmente distribuidos y los estimadores son sensibles a la presencia de datos atípicos o extremos. En este sentido, el uso de regresiones cuantílicas, implica un aporte adicional pues no requiere del cumplimiento de los supuestos mencionados, lo cual clasifica al método como semiparamétrico. De esta forma, los resultados obtenidos mediante esta metodología permitirán darle consistencia a los obtenidos por MCO.

Dado el objetivo último del trabajo, respecto a su utilidad en el desarrollo de políticas consistentes con patrones de consumo de los hogares en el corto plazo y en función de la información disponibles, el horizonte de análisis seleccionado es el corto plazo, lo cual implica asumir fijo el stock de equipamiento de los hogares.

En la Tabla 6.1 se resumen las variables incluidas en el modelo.

**Tabla 6.1. Descripción de las variables incorporadas en el análisis**

<b>Grupo</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Ingreso per cápita y composición del hogar	$Log(Y_{pc})$	Logaritmo del Ingreso per cápita del hogar en pesos constantes en agosto de 2015 -imputación a partir de la estimación en ECH 2015-.
	$May10$	Cantidad de integrantes del hogar con 10 o más años de edad
	$men10$	Cantidad de menores de 10 años en el hogar
Características de la vivienda	$Log(tam_{viv})$	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

### 6.1.2. Regresiones cuantílicas

El examen de los determinantes del consumo basado únicamente en regresiones lineales, estimadas a partir del método MCO, no permite analizar los parámetros diferenciales existentes entre hogar ubicados en distintos puntos de la distribución del consumo de energía eléctrica. Por este motivo, en base a varios antecedentes existentes en el abordaje de este problema (Kaza, 2010; Medina y Vicéns, 2011; Hancevic y Navajas, 2015), se propone incorporar al análisis la metodología de regresiones cuantílicas, que permite estimar los efectos de variables independientes sobre los cuantiles de la variable dependiente.

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.

A partir de aquí se seguirán los planteos de Koenker y Bassett (1978), Koenker (2000) 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:

$$F(y) = P(Y \leq y) \quad (6.8)$$

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

$$F^{-1}(\theta) = \inf\{y: F(y) \leq \theta\} \quad (6.9)$$

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:

$$\min_{\beta \in R} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i' \beta)^2 \quad (6.10)$$

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

$$\min_{\beta \in R^p} \sum_{i=1}^n p^\theta(y_i - \xi(x_i, \beta)) \quad (6.11)$$

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 (6.11) puede ser reformulado como un problema de programación lineal:

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i:w_i > x'_i \beta} \theta |w_i - x'_i \beta| + \sum_{i:w_i < x'_i \beta} (1 - \theta) |w_i - x'_i \beta| \right\} \quad (6.12)$$

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

$$\min_{\beta \in R} \left[ \sum_{i=1}^n \rho_\theta(u) \right] \quad (6.13)$$

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

$$\rho_\theta(u) \begin{cases} u(\theta - 1) & \text{si } u < 0 \\ u\theta & \text{si } u \geq 0 \end{cases} \quad (6.14)$$

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

Algunas de las propiedades de los estimadores que surgen de aplicar esta metodología son (Koenker y Hallock, 2001):

- Robustez: La influencia de las observaciones atípicas se encuentra más acotada en los  $\beta$  estimados considerando los cuantiles.
- Heterocedasticidad: Las variaciones en la dispersión condicional genera oportunidades para mejorar la eficiencia de la estimación a partir de regresiones cuantílicas ponderadas.

- Permite analizar el comportamiento de los parámetros para distintos cuantiles de la variable dependiente, es decir, permite analizar la relación entre las variables independientes y diferentes niveles de la variable endógena que se desea estimar.

## **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. Asimismo, considera diferencias regionales y de nivel socioeconómico. Sin embargo, no profundiza en las características del hogar y la vivienda.<sup>16</sup> Además, al tratarse de un relevamiento realizado en 2006, los resultados no recogen algunas variaciones ocurridas en los últimos diez años, por ejemplo el incremento de la tenencia de algunos electrodomésticos, como los equipos de aire acondicionado (Gráfico A.5 en Anexo A), 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

---

<sup>16</sup> Únicamente consulta respecto al tamaño de la vivienda y la cantidad de integrantes, además de dos variables dummy que indican si el hogar reside hace más de un año en la vivienda y si realiza actividades económicas en la misma.



la potencia contratada<sup>17</sup>, 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.

- No es posible captar información respecto a los hogares conectados irregularmente a la red eléctrica.
- No permite obtener datos sobre a la distribución del consumo en los distintos usos energéticos.

Una tercera fuente de datos es 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<sup>18</sup> 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 encuestados en el período entre agosto y octubre de 2015.

Esta última 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-.<sup>19</sup> 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 que son de interés para este trabajo:

---

<sup>17</sup> Dentro del gasto en energía eléctrica que declaran los hogares se incluye: gasto por energía consumida (kWh), gasto por potencia contratada (kW), cargo fijo e impuesto.

<sup>18</sup> Dentro de las tarifas residenciales existen tres opciones: Tarifas Residencial Simple (TRS), Tarifa de Consumos Básicos (TCB) y Tarifa Doble Horario Residencial (DHR).

<sup>19</sup> La encuesta releva el tipo de equipamiento eléctrico utilizado para cada uso energético y la forma de uso -cantidad de días y horas en que se utiliza-. Esta información será la base para la construcción de la participación de los usos energéticos en el consumo de energía eléctrica.

- En lo que refiere al marco muestral, solo considera a los hogares que son clientes regulares de UTE, es decir, no incluye a aquellos 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.<sup>20</sup>
- La encuesta no consultó respecto al ingreso del hogar. Como indicador para captar el nivel socioeconómico de los hogares incluye el Índice de Nivel Socioeconómico (INSE) desarrollado por el Centro de Investigaciones Económicas (CINVE). Este índice tiene como finalidad clasificar a los hogares en relación a su capacidad de consumo o gasto en función de características del hogar y la vivienda (Llambí y Piñeyro, 2012). Si bien podría utilizarse en la construcción de distintos niveles socioeconómicos, no subsana el hecho de no contar con una variable que dé cuenta del ingreso del hogar o del gasto.

Con el fin de solucionar esta última limitante se propone imputar el ingreso per cápita a partir de su estimación en la ECH 2015. La metodología aplicada se explica detalladamente en la sección 6.2.1.1.

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.

### **6.2.1. 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

---

<sup>20</sup> Los hogares del primer decil consumían en 2009 130 kWh/mes según las estimaciones de Amarante y Ferrando (2011), en tanto en el quinto decil se encontraba en 212 kWh/mes.

que identifican la región en la que se ubica la vivienda. En esta sección se explica el procedimiento adoptado para su construcción.

### 6.2.1.1. Estimación e imputación del ingreso

La metodología utilizada para la estimación del ingreso per cápita de los hogares deriva de la técnica de *proxy means test*. Utilizando este método es posible aproximarse al ingreso del hogar a partir de variables relativas al hogar y sus integrantes que correlacionan con el ingreso (Grosh y Baker, 1995; Glewwe y Kanaan, 1989).

En este trabajo, 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. Su objetivo es explicar cambios en el ingreso de los hogares entre dos momentos a partir de los cambios en variables claves en la conformación y variación del ingreso -composición del hogar, características del jefe o la jefa, entre otras-.

Esta 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. La representación paramétrica más habitual es la siguiente.

$$\log y_{i1} = \beta_1' x_{i1} + \varepsilon_{i1} \quad i = 1, \dots, N_1 \quad (6.15)$$

Donde  $\log y_{i1}$  corresponde al logaritmo del ingreso del hogar  $i$  en la ronda 1,  $x_{i1}$  es un vector de características del hogar y  $\varepsilon_{i1}$  es el término de error que recoge las características no observadas. Los coeficientes  $\beta$  asociados a las características incluidas en el modelo pueden estimarse por Mínimos Cuadrados Ordinarios, bajo las asunciones habituales respecto a la independencia de los residuos.

En base a los coeficientes y errores estimados en la ecuación (6.15), es posible construir el ingreso contrafactual a partir de la siguiente especificación:

$$\log y_{i2} = \hat{\beta}_1' x_{i2} + \hat{\varepsilon}_{i1} \quad i = 1, \dots, N_2 \quad (6.16)$$

Es decir, se consideran incambiables los retornos a las características observadas  $\beta_i$  y de las inobservadas  $\varepsilon_i$ .

Trasladar la distribución de los residuos estimados desde una ronda a otra requiere la aplicación de una operación conocida como transformación de preservación del ranking

-Rank preserving transformation- por la cual el residuo en el percentil  $n$  en el momento  $t$  es remplazado por el residuo en el percentil  $n$  en el momento  $t'$  para todos los  $n$ . Este mecanismo no es inmediato cuando el número de observaciones difiere entre una ronda y otra, por lo cual se utiliza una aproximación consistente en asumir que la distribución de los residuos es igual a una transformación proporcional.

En este trabajo se sigue la metodología detallada, 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.<sup>21</sup>

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  $x_i$  (ver Tabla 6.2).

$$y_{iech} = \beta_1' x_{iech} + \varepsilon_{iech} \quad (6.17)$$

Donde  $y_{i,ech}$  representa el ingreso per cápita del hogar  $i$  en la ECH 2015,  $\beta$  representa el vector de parámetros del modelo,  $x_{iech}$  corresponde al vector de características de los hogares en la ECH 2015 y  $\varepsilon_{iech}$  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 (6.17) se obtienen los coeficientes en la ECH y los residuos estimados (Ecuación 6.18)

$$\hat{\varepsilon}_{i,ech} = y_{i,ech} - \hat{\beta}_{ech}' \cdot x_{i,ech} \quad (6.18)$$

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 (6.19).

$$\hat{y}_{i,ute} = \hat{\beta}_{ech}' \cdot x_{i,ute} + \tilde{\varepsilon}_{i,ech} \quad (6.19)$$

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

---

<sup>21</sup> Fuente de datos que abarca un periodo de tiempo similar y cuenta con variables que es posible replicar en la encuesta UTE-INE 2015.

hogar el resultado del promedio de esos sorteos, siguiendo los planteos de Bierbaum y Gassmann (2012).<sup>22</sup>

Para la estimación del ingreso en la ECH se consideran los meses en los cuales ambas encuestas -ECH y UTE-INE- coinciden y se trabaja con las localidades de más de 5000 habitantes. Para testear la sensibilidad de los resultados a las muestras seleccionadas, se utilizan tres sub-muestras alternativas: todos los hogares en localidades de más de 5000 habitantes encuestados entre agosto y octubre; una sub-muestra que excluye a los hogares ubicados en asentamientos irregulares y, en tercer lugar, una sub-muestra que excluye a los hogares ubicados en el 5% inferior de la distribución de ingresos. La exclusión de los hogares en los asentamientos irregulares y los ubicados en el 5% más bajo de la distribución del ingreso intenta ser una aproximación a los hogares conectados de manera regular a la red eléctrica.<sup>23</sup>

Se estima el logaritmo del ingreso per cápita para estas tres sub-muestras 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). En el Anexo B.1 se detalla este procedimiento y los resultados obtenidos.

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

$$\log(Y_{pc_i}) = c + \beta Hog_i + \gamma Viv_i + \delta Int_i + \theta. Ubi_i + \varepsilon_i \quad (6.20)$$

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.

En la Tabla 6.2 se presentan las variables consideradas dentro de cada grupo.

---

<sup>22</sup> En la Tabla B.3 el Anexo B.2 se presentan las estadísticas descriptivas del ingreso estimado en función de distintas alternativas para la imputación de los errores.

<sup>23</sup> Según datos de la ECH del año 2008, el 49,9% de los hogares en asentamientos irregulares se encontraban conectados de manera irregular a la red eléctrica.

**Tabla 6.2. Variables incluidas en la estimación del ingreso per cápita del hogar**

<b>Grupo</b>	<b>Variable</b>
Características del hogar y del jefe/a	- Cantidad de integrantes - Cantidad de perceptores de ingreso - Cantidad de integrantes con estudios universitarios - Máximo nivel educativo alcanzado por el jefe/a de hogar - Servicio doméstico sin cama - Servicio doméstico con cama - Índice de bienes durables - Dummy que indica si el hogar no se calefacciona
Características de la vivienda	- Dummy que indica si el material predominante en el techo de la vivienda es precario - Cantidad de baños
Ubicación del hogar	- Dummy que toma valor 1 si el hogar se ubica en Montevideo y 0 en otro caso.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla B.2 en el Anexo B.2 se presentan los resultados de la estimación MCO para las tres sub-muestras consideradas. Finalmente, se opta por trabajar con la especificación que considera todos los hogares ubicados en localidades de 5000 o más habitantes. Así, los coeficientes utilizados para la imputación son los que se presentan en la siguiente ecuación (6.21):

$$\begin{aligned}
 \log(y_{so_{prz_d_{pc}}}) = & -0,294.cant_{int} - 0,136.techo + 0,200.bano + 0,156.bs_{dur} \\
 & + 0,340.dom_{cama} + 0,279.ss_{dom} + 0,145.perc_{yso} + 0,048.univ \\
 & + 0,459.posgrado + 0,281.terc_{comp} + 0,140.terc_{inc} \\
 & + 0,055.secund - 0,040.no_{calef} + 0,078.mdeo_{int} + 9,533
 \end{aligned}
 \tag{6.21}$$

### 6.2.2. 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.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> 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.

El consumo anual de energía eléctrica destinada a determinado uso energético surge de la sumatoria del consumo en distintas épocas del año. La diferenciación por épocas es relevante en algunos usos en los cuales la temperatura y/o las horas de luz solar modifican la utilización de algunos equipos, por ejemplo, calentamiento de agua sanitaria, calefacción de ambientes.

La energía eléctrica que consume un hogar durante un año en determinado uso se calcula en base a la expresión (6.22) como la sumatoria de tres épocas: verano, invierno y resto del año.

$$ee_{i,u,est} = \sum_{eq=1}^x ee_{i,u,eq} \cdot x_{i,u} \cdot 4 \cdot n_{est} \cdot ce_{est} \quad (6.22)$$

- $ee_{i,u,est}$  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 (6.23):

$$ee_{i,u,eq} = \left( \sum_{h=1}^{24} uso_{i,h,lv} \cdot 5 + \sum_{h=1}^{24} uso_{i,h,sd} \cdot 2 \right) \cdot Pot_{eq} (Wh/h) \cdot fu_{eq} / 1000 \quad (6.23)$$

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.

En el Anexo B.3 se detalla el cálculo de los distintos usos, las potencias y factores de uso. Los usos energéticos incluidos en el análisis son los que se describen a continuación:

**Cocción:** Se consideran los equipos eléctricos utilizados para calentar o cocinar alimentos y/o agua para cocción o infusiones. Este uso se encuentra presente durante todo el año y no se incorporan diferencias entre el uso en invierno y verano.

**Conservación de alimentos:** Incluye a los equipos utilizados para refrigerar y conservar los alimentos. La encuesta no consulta por el uso del equipo en cada hora del día, solo pregunta por la tenencia o no de los equipos y la cantidad. Dado el tipo de uso, se considera que se encuentra presente en todas las horas del día.

**Calefacción:** Refiere al uso de equipamiento eléctrico para calefaccionar las habitaciones de la vivienda. Es un uso concentrado en los meses con temperatura más baja. En particular, se calcula durante cuatro meses, los tres meses de invierno y un mes más adicional.

**Ventilación y refrigeración de la vivienda:** Uso de equipamiento eléctrico para refrigerar o ventilar las habitaciones de la vivienda. Se asocia a los meses que presentan temperaturas más elevadas, por este motivo, al igual que en el caso anterior se consideran 4 meses de consumo.

**Lavado y secado de ropa y vajilla:** Consumo de energía eléctrica del equipamiento utilizado para lavado de ropa y vajilla. Se consulta diferenciadamente el uso en los meses de verano e invierno. Asimismo, considera la posibilidad de que el lavado se realice con agua fría o caliente con potencias medias diferenciadas para dichas alternativas.

**Calentamiento de agua sanitaria:** Incluye el consumo de energía eléctrica para calentamiento de agua para duchas, lavado de manos y vajilla y pérdidas de energía asociadas a los calefones.

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:

$$p_{uso\_k,i} = \frac{kWh/mes\_k_i}{\sum_{k=1}^6 kWh/mes\_k_i} \quad (6.24)$$

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

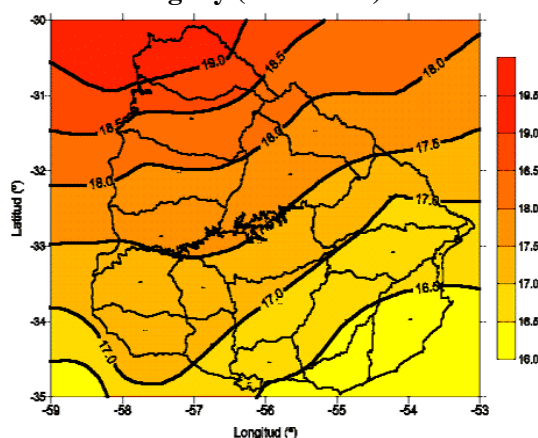


que el hogar  $i$  destina al  $uso_k$  y  $\sum_{k=1}^6 kWh/mes_k$  es el total de energía eléctrica mensual que el hogar destina a los seis usos considerados.

### 6.2.3.Regiones según temperatura media

Si bien el territorio uruguayo es pequeño en términos relativos, existen variaciones en las temperaturas mínimas y máximas de distintas regiones del país que pueden resultar significativas al analizar el consumo de energía eléctrica. Los departamentos del Noroeste presentan temperaturas medias anuales levemente más elevadas -en torno a 19 C°- y los departamentos ubicados en la costa Este suelen presentar temperaturas levemente inferiores a la media del país -17 y 18 C°, respectivamente-. La Ilustración 6.1 presenta las temperaturas promedio anuales de Uruguay considerando un período de 30 años -1961-1990-.

**Ilustración 6.1. Temperatura media anual (°C)  
Uruguay (1961-1990)**



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología (INUMET)

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.<sup>25</sup> Las regiones resultantes son:

---

<sup>25</sup> Para aquellos departamentos en los cuales existe más de una estación meteorológica se toma el promedio de las mismas.

- 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. Análisis descriptivo y resultados del modelo

En este apartado se incluyen los principales resultados de esta investigación. En primer lugar se exhibe el análisis descriptivo de las principales variables de interés. En segundo lugar, se presentan los resultados de las estimaciones. Se realizaron dos ejercicios empíricos de estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios, uno que comprende toda la muestra y un ejercicio que compara la estimación considerando tres grupos socioeconómicos de hogares. Luego, se analizan los resultados para distintos cuantiles de consumo de energía eléctrica a partir de la técnica de regresiones cuantílicas.

### 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 7.1 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.<sup>26</sup>

**Tabla 7.1. Estadísticas descriptivas según región, año 2015 (\*)**

	<b>Total país</b>	<b>Montevideo</b>	<b>Interior</b>
<b>Total de hogares**</b>	678.628	361.816	316.449
<b>Consumo promedio mensual de energía eléctrica (kWh)</b>	253 (167)	270 (181)	235 (146)
<b>Ingreso per cápita (pesos uruguayos, agosto 2015)</b>	28.778 (16.650)	34.536 (18.373)	22.194 (11.274)
<b>Cantidad promedio de integrantes del hogar</b>	2,7 (1,5)	2,6 (1,4)	2,8 (1,5)
<b>Menores de 10 años (en %)</b>			
<b>Ninguno</b>	77,4%	81,6%	72,6%
<b>Uno</b>	14,5%	11,6%	17,8%
<b>Más de uno</b>	8,1%	6,8%	9,6%
<b>Tamaño de la vivienda (en m2)</b>	75,4 (41,1)	78,6 (44,9)	71,8 (36,0)
<b>Tipo de vivienda (en %)</b>			
<b>Casa</b>	69,9%	50,1%	92,6%
<b>Apartamento</b>	30,1%	49,9%	7,4%
<b>Material preponderante del techo (en %)</b>			
<b>Planchada de hormigón u otro</b>	73,1%	90,5%	53,2%
<b>Chapa, quincho, otro material precario</b>	27,0%	9,6%	46,9%

<sup>26</sup> En la Tabla C.1 del Anexo C se presenta la matriz de correlaciones entre las variables continuas incluidas en el modelo

<b>Cantidad de equipos de aire acondicionado (en %)</b>			
<b>Ninguno</b>	61,6%	64,7%	58,0%
<b>Uno</b>	24,8%	20,9%	29,2%
<b>Más de uno</b>	13,6%	14,4%	12,7%
<b>Cantidad de calefones (en %)</b>			
<b>Ninguno</b>	14,6%	8,0%	22,2%
<b>Uno</b>	75,8%	79,4%	71,7%
<b>Más de uno</b>	9,6%	12,6%	6,1%
<b>Electricidad como principal fuente en cocción (en %)</b>	6,8%	10,5%	2,5%
<b>Electricidad como principal fuente en calefacción (en %)</b>	24,1%	27,9%	19,8%
<b>Participación de los usos de la energía eléctrica (en %)</b>			
<b>Cocción</b>	5,7%	7,2%	4,1%
	(8,5%)	(9,5%)	(6,7%)
<b>Conservación de alimentos</b>	36,5%	34,4%	38,8%
	(17,9%)	(16,2%)	(19,3%)
<b>Calefacción</b>	5,5%	6,8%	4,1%
	(10,9%)	(12,8%)	(7,9%)
<b>Lavado de ropa y vajilla</b>	7,5%	7,9%	7,0%
	(7,6%)	(8,0%)	(7,2%)
<b>Ventilación</b>	8,4%	5,9%	11,3%
	(10,8%)	(8,1%)	(12,6%)
<b>Calentamiento de agua sanitaria</b>	36,0%	37,5%	34,2%
	(17,2%)	(16,5%)	(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

Los resultados del análisis descriptivo se presentan agrupados de acuerdo a las siguientes variables: el ingreso per cápita y la composición del hogar, las características de la vivienda, la tenencia de equipos eléctricos y la participación de los seis usos energéticos considerados.<sup>27</sup>

### **7.1.1. Ingreso per cápita y composición del hogar**

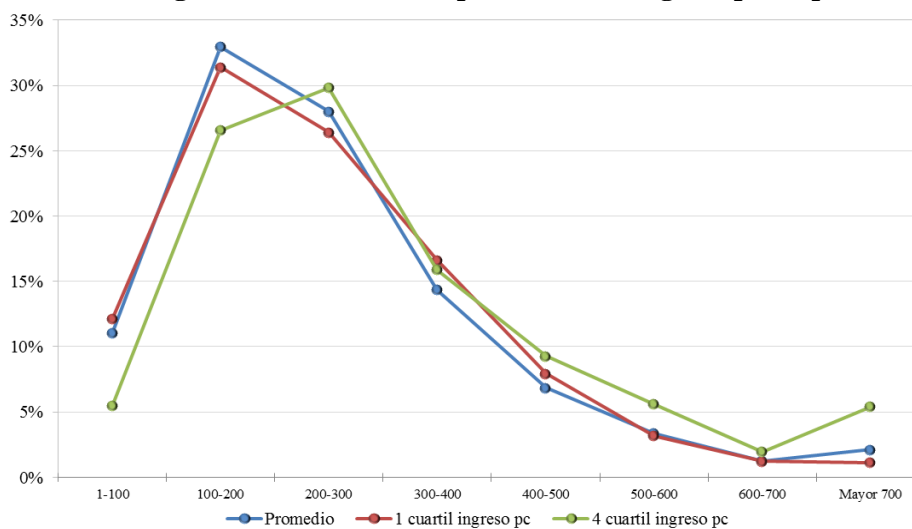
En el Gráfico 7.1 se muestra la proporción de hogares según el nivel de consumo promedio considerando la totalidad de los hogares y los hogares del primer y cuarto cuartil de ingreso per cápita. Esto representa una primera aproximación a la relación existente entre consumo de energía eléctrica mensual y el ingreso del hogar.

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.

---

<sup>27</sup> Refiere a la participación relativa de un uso respecto a los restantes usos considerados lo cual fue detallado en la sección 6.2.2.

**Gráfico 7.1. Proporción de hogares (en %) según rango de consumo promedio mensual de energía eléctrica (en kWh) por cuartil de ingreso per cápita**



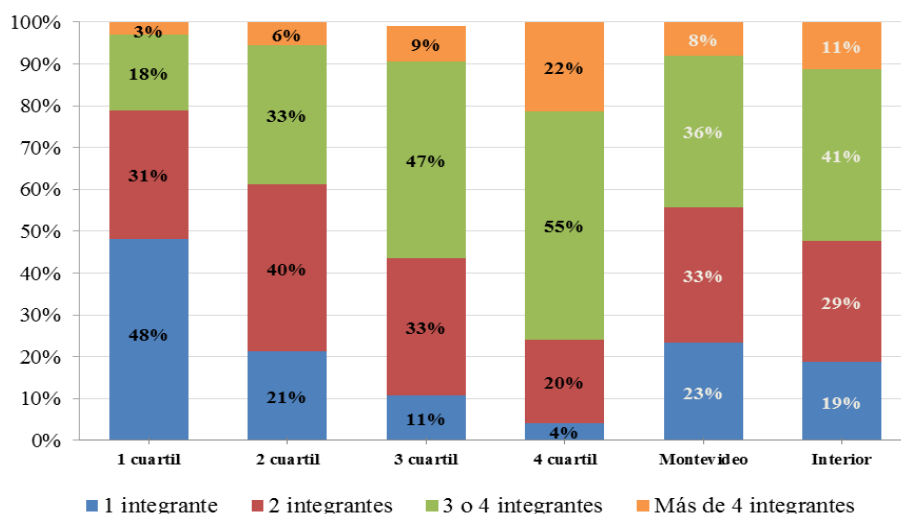
Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

Por otro lado, los Gráfico 7.2 y Gráfico 7.3 presentan evidencia respecto a la composición de los hogares en cada cuartil de consumo -cantidad de integrantes y cantidad de menores de 10 años-.

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. Asimismo, una mayor proporción de hogares en este grupo está compuesto por niños y niñas menores de 10 años -30,4% respecto a 11,8% en el cuartil 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%).

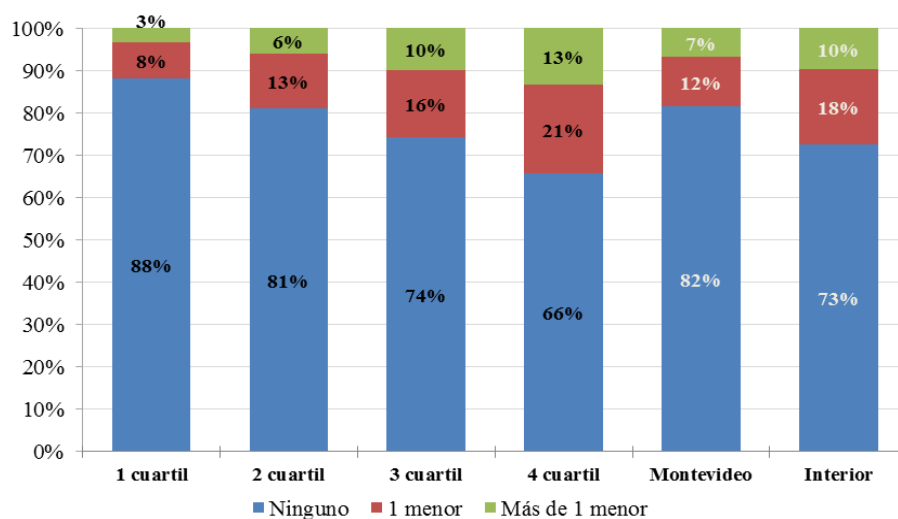
En el plano regional, no se observan diferencias pronunciadas respecto a la cantidad de integrantes entre Montevideo e interior. En tanto, la proporción de hogares con menores de 10 años es nueve puntos porcentuales superior en el interior del país.

**Gráfico 7.2. 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

**Gráfico 7.3. Hogares según cantidad de menores de 10 años por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)**



Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

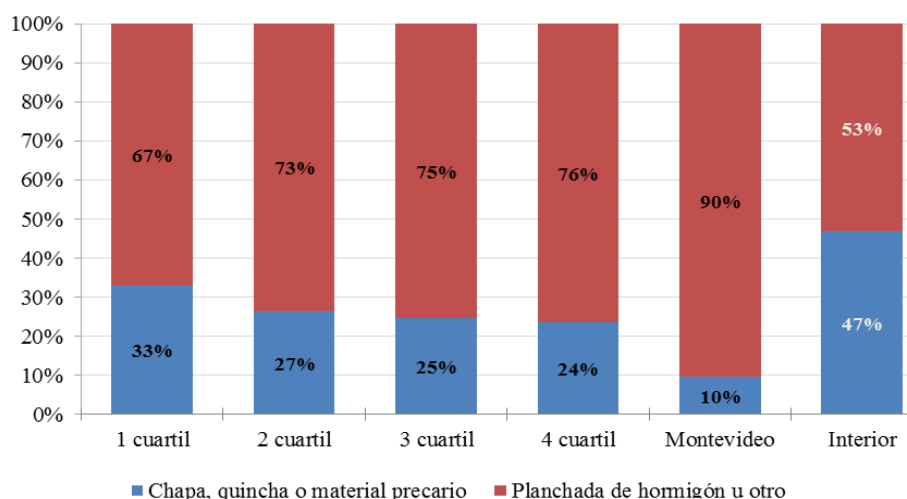
### 7.1.2. Características de la vivienda

Es posible destacar dos vías por las cuales las características de la vivienda 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). En lo que refiere a los materiales constructivos, la encuesta UTE- INE 2015 solo releva al material predominante en el techo de la vivienda.

La información que muestra el Gráfico 7.4 da cuenta de una proporción levemente superior de hogares con techo precario entre los hogares con menor consumo de energía eléctrica - 33% y 24% primer y cuarto cuartil respectivamente-. Contrasta con lo esperado inicialmente dada la relación entre los materiales constructivos de la vivienda, la aislación térmica de la misma y el consumo de energía eléctrica que señalan los antecedentes. Esto puede asociarse tanto a un problema de medición de la variable, relacionado a la agrupación de los materiales, como a la proporción de hogares en el interior del país con techo precario<sup>28</sup>, región que presenta un menor consumo promedio de energía eléctrica.

**Gráfico 7.4. Proporción de hogares según material predominante en el techo de la vivienda por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)**



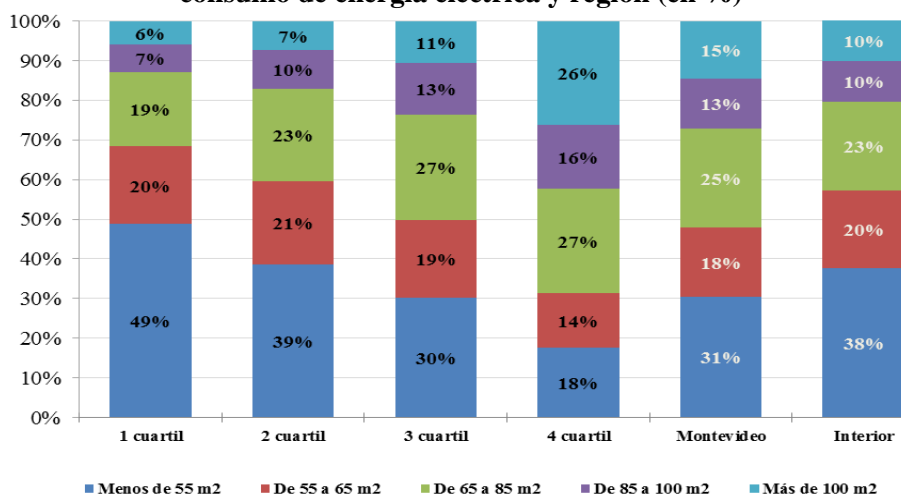
Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

El Gráfico 7.5 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 m<sup>2</sup>, 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.

<sup>28</sup> Relacionado estrechamente con la preponderancia de los hogares residentes en casa en el interior del país - 92,6% respecto a 49,9% en Montevideo-.



**Gráfico 7.5. Proporción de hogares según metros cuadrados construidos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)**



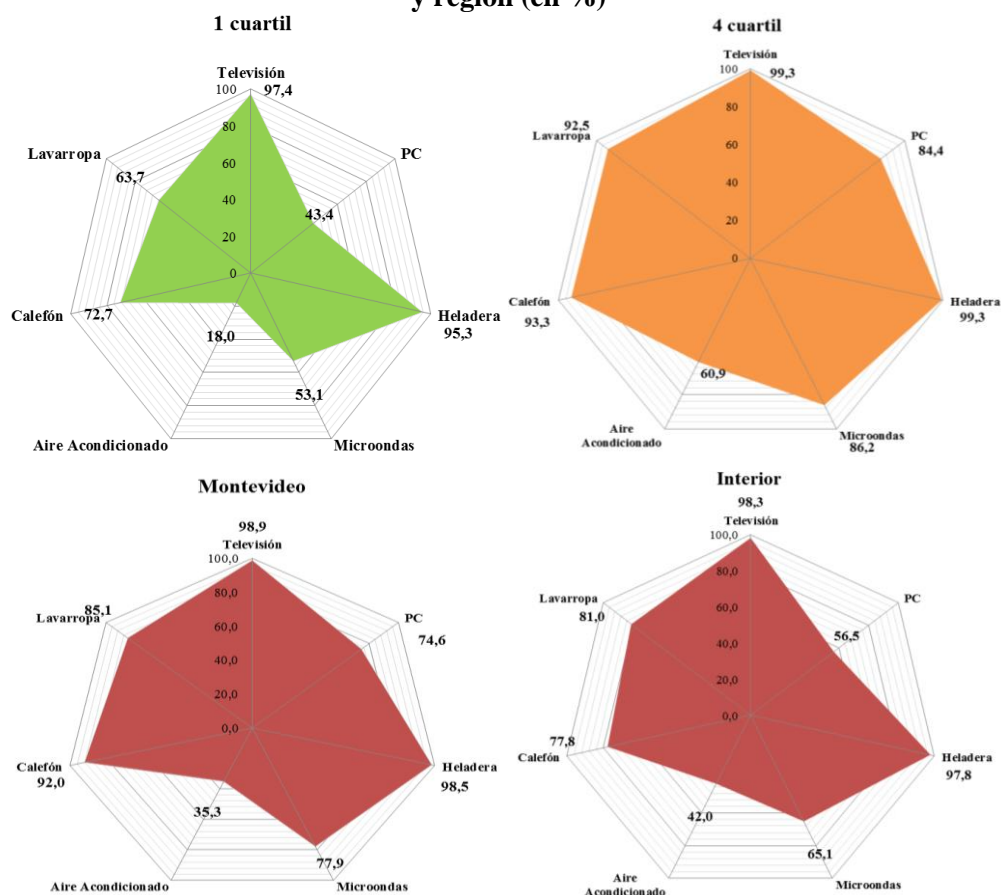
Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

### 7.1.3. Tenencia de electrodomésticos

La cantidad de artefactos que utilizan electricidad para funcionar se relaciona estrechamente con el consumo mensual de energía eléctrica de los hogares. En este sentido, se presenta información sobre la tenencia de los electrodomésticos más relevantes en cuanto a consumo y penetración para el primer y cuarto cuartil de consumo de energía eléctrica y para Montevideo e interior.

Con excepción de algunos equipos, particularmente heladera y televisión, existen diferencias marcadas entre los dos cuartiles. 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 7.6. Tenencia de electrodomésticos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)**



Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

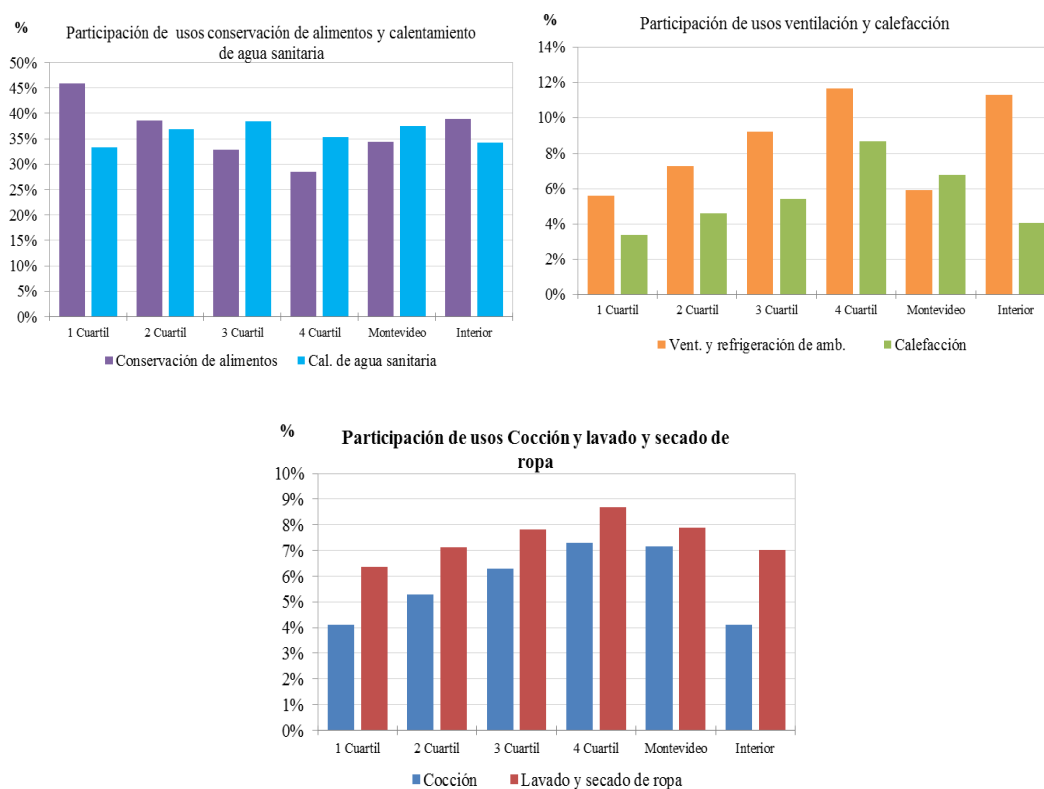
#### 7.1.4. Consumo de energía eléctrica según participación de los usos energéticos

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 7.7).

Este resultado es un indicio primario, que se evaluará a partir del modelo estimado, respecto al efecto de la variación de los distintos usos sobre el consumo promedio de energía eléctrica de los hogares. Los usos asociados al confort térmico son los que se espera presenten el mayor efecto sobre el consumo de energía eléctrica del hogar. 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 7.7. Participación de los usos energéticos por cuartil de consumo de energía eléctrica y región (en %)<sup>29</sup>**



Fuente: Elaboración propia en base a UTE-INE 2015

<sup>29</sup> Se consideran la participación relativa de los seis usos considerados de acuerdo a la ecuación 6.24.

### 7.1.5. Síntesis

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

En primer lugar, se observa que 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.

En segundo lugar, 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 pues son dos equipos relacionados con los indicadores incluidos en la dimensión artefactos básicos de confort que conforman la medición de las Necesidades Básicas Insatisfechas (Calvo, et al., 2013). Finalmente, asociado a esto, se encuentra que los usos referidos al confort térmico del hogar presentan una mayor participación en los hogares de mayor consumo respecto al resto de los hogares

Asimismo, se destacan las diferencias entre Montevideo y el interior respecto al tipo de vivienda, la tenencia de electrodomésticos y la mayor proporción de hogares con menores de 10 años -mayor en interior del país-.

## 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 6.1.1. La ecuación estimada sigue una forma logarítmica del tipo:

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

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 6.2.1.1.  $\text{May}10$  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,  $\text{tipo}_{viv}$  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  $cant_{calefones}$  indican la cantidad de equipos de aire acondicionado y de calefones que tiene el hogar, respectivamente.  $reg_{cálida}$  y  $reg_{fría}$  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 7.2 se presentan los resultados de la estimación de la ecuación (7.1) utilizando errores estándar robustos para contemplar la posible presencia de heterocedasticidad.<sup>30</sup> 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-.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> Los resultados de los test de normalidad de los residuos -test Jarque-Bera y test Shapiro-Wilk- indican que se rechaza la hipótesis de normalidad. Sin embargo, el Teorema de Gauss-Markov sostiene que cuando se trabaja con muestras grandes no es necesario el cumplimiento del supuesto de normalidad para que los estimadores MCO sean BLUE -*best linear unbiased estimator*-. En este caso la inferencia estadística, incluyendo los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis, es válida (Greene, 2012; Wilcox, 2012).

<sup>31</sup> En la Tabla C.2 del Anexo C se presentan las estadísticas descriptivas de las variables considerando los tres niveles socioeconómicos planteados.

**Tabla 7.2. Resultados de las estimaciones por MCO**

	MCO (Toda la muestra) (1)		Nivel socioeconómico bajo (2)		Nivel socioeconómico medio (3)		Nivel socioeconómico alto (4)	
	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)
Log (Consumo mensual de energía eléctrica)								
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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup>	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 (Columna 1).

Se observa que el ingreso per cápita tiene un impacto significativo sobre el consumo de energía eléctrica -elasticidad ingreso de 0,37-<sup>32</sup>, situándose en un nivel intermedio al resultado presentado por los antecedentes nacionales Amarante y Ferrando (2011) y Gerschuni (2013) (Tabla 7.3). Respecto al segundo trabajo mencionado se entiende que la diferencia se asocia a que el modelo aquí analizado incluye un mayor número de variables que resultan significativas en la explicación del consumo de energía eléctrica de los hogares. Este resultado refuerza la importancia de que el análisis de la demanda de energía eléctrica residencial utilice modelos ampliados que, además del efecto del ingreso per cápita, evalúen la incidencia de las características del hogar y la vivienda, variables vinculadas al cómo y porqué consumen energía eléctrica los hogares. Por su parte, en referencia al trabajo de Amarante y Ferrando (2011), la especificación del modelo difiere en cuanto a la inclusión de los equipos eléctricos y la consideración de los usos energéticos, lo cual puede explicar la diferencia existente entre una y otra estimación.

**Tabla 7.3. Resultados de los antecedentes en relación a la elasticidad ingreso del consumo de energía eléctrica del hogar**

<b>Autores/as</b>	<b>País</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Elasticidad ingreso</b>
Medina y Vincés (2011)	España	Logaritmo del gasto en energía eléctrica	<b>0,16</b>
Margulis (2014)	Argentina	Logaritmo del consumo bimestral de energía eléctrica	<b>0,27</b>
Hancevic y Navajas (2015)	Argentina	Logaritmo del consumo de energía eléctrica (kWh)	<b>0,25</b>
Amarante y Ferrando (2011)	Uruguay	Logaritmo del consumo de energía eléctrica (kWh) calculado a partir del gasto en energía eléctrica	<b>0,25</b>
Gerschuni (2013)	Uruguay	Logaritmo del gasto en energía eléctrica	<b>0,58</b> <b>0,52</b>

Fuente: Elaboración propia

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

<sup>32</sup> 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.



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.<sup>33</sup> 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.<sup>34</sup>

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).<sup>35</sup>

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-.

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

---

<sup>33</sup> La información disponible no permite considerar separadamente a este grupo de edad.

<sup>34</sup> 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).

<sup>35</sup> 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.

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 de los usos se incrementa en 1%, reduciéndose el uso conservación de alimentos en dicha proporción, se incrementa el consumo de energía eléctrica en 0,65%.

En el anexo se presentan los resultados que surgen de la estimación de un modelo alternativo donde en lugar de incluir las variables relativas a la participación de los distintos usos energéticos, se incluyen variables binarias que indican si el hogar utiliza o no energía eléctrica para distintos usos y se incorpora la tenencia de lavadora y secarropa (Tabla C.3 en Anexo C). Se arriba a resultados similares a los encontrados a partir del modelo planteado en la ecuación (7.1). Se opta por presentar un modelo que incluya la participación de los usos pues estas variables consideran tanto la tenencia de equipos como el uso de energía eléctrica y la intensidad del mismo. Es decir, un hogar con la misma cantidad de equipamiento eléctrico puede presentar un uso más o menos intensivo de energía eléctrica, y por tanto, la participación relativa de dicho uso energético diferirá entre los hogares.

En cuanto a las variables regionales construidas a partir de las diferencias en la temperatura existentes entre las regiones, los resultados no indican la existencia de efectos estadísticos significativos.<sup>36</sup> 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 (Gráfico 2.3).

### **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,

---

<sup>36</sup> Para evaluar el efecto de la región y la temperatura, se estimaron otros dos modelos alternativos uno que considera dos variables relativas a la temperatura media en verano e invierno por departamento y otro que considera únicamente la desagregación entre Montevideo y el interior del país. En ambos modelos dichas variables resultaron no significativas (Tabla C.4 en Anexo C).

como puede observarse en las columnas 2,3 y 4 de la Tabla 7.2, existen diferencias en los resultados cuando se consideran el nivel socioeconómico del hogar. Es importante tener presente los intervalos de confianza calculados para cada estimación de manera de analizar si los coeficientes estimados difieren significativamente entre los distintos grupos socioeconómicos.

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-. Esto posiblemente se asocia con el tamaño medio del hogar en cada nivel socio económico (Tabla C.2). Los hogares con ingreso bajo son en promedio más numerosos que los hogares de ingreso medio y alto, por tanto en este grupo el efecto de un integrante adicional es menor que en los otros dos grupos.

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 puede 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 este nivel socioeconómico, la presencia de un equipo de aire acondicionado o de un calefón adicional tiene un mayor impacto sobre su consumo de energía eléctrica que en los restantes niveles -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 mayores ingresos 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 (Tabla C.2)-. 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 (Tabla C.2)- por tanto existe un mayor margen 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%- (Tabla C.2).

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.<sup>37</sup>

Por su parte, en el caso de los hogares de mayor nivel de ingresos (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 (Columna 1).

Finalmente en lo que refiere al efecto de las diferencias regionales, los resultados son heterogéneos. En el grupo de hogares de nivel socioeconómico bajo 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 considerando la totalidad de los hogares 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, dicho efecto es menor al observado en algunos antecedentes a nivel nacional,

---

<sup>37</sup> En la estimación alternativa presentada en la Tabla C.3, los resultados tampoco resultaron intuitivos para este grupo de hogares. El uso de energía eléctrica para otros usos asociados a la calefacción tiene un impacto negativo, lo cual implicaría que los hogares que declaran usar energía eléctrica para calefaccionar la vivienda, aunque no sea la fuente principal, reducen su consumo de energía respecto a los restantes hogares en el mismo nivel socioeconómico.

pues existen variables relativas al hogar y la vivienda que es necesario analizar. No se encontraron diferencias significativas en el efecto del ingreso per cápita cuando se agrupan los hogares por niveles socioeconómicos. Sin embargo, 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.

Estos resultados aportan evidencia respecto a las hipótesis iniciales planteadas por este trabajo. En primer lugar, el efecto significativo sobre el consumo de energía eléctrica de la composición del hogar, las características de la vivienda y la tenencia de equipos, no rechazan la hipótesis 1 respecto a la necesidad de utilizar modelos ampliados en el análisis de la demanda residencial de energía eléctrica. Asimismo, el efecto significativo de los usos energéticos respalda la inclusión de dicha perspectiva en el análisis.

Por otro lado, en referencia a la hipótesis 2, se encuentran diferencias respecto al efecto de los determinantes sobre el consumo de energía eléctrica en los hogares pertenecientes a distintos niveles de ingreso. En particular se observan efectos diferenciales en las variables

relativas a la composición del hogar, el tamaño y tipo de vivienda y algunos usos energéticos -cocción y calefacción-.

### **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 7.4 presenta los resultados de las estimaciones del modelo planteado en (7.1) 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 7.4-. 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 C, se incluye un resumen de los resultados estadísticos de los test realizados para contrastar la igualdad de los parámetros entre las regresiones cuantílicas (Tabla C.5).

**Tabla 7.4. Resultados de las estimaciones MCO y regresiones cuantílicas**

Log(Consumo mensual de energía eléctrica)	MCO (1)						
	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)	Q10 (2)	Q25 (3)	Q50 (4)	Q75 (5)	Q90 (6)
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 <sup>2</sup> )	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*** (0.0811)	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



Por su parte, los Gráfico 7.8 a Gráfico 7.12 muestran de manera resumida la información proporcionada por la Tabla 7.4. 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.<sup>38</sup>

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  $\theta$ -cuantil, manteniendo fijas el resto de las variables explicativas.

En primera instancia, en el Gráfico 7.8 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 7.8.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

---

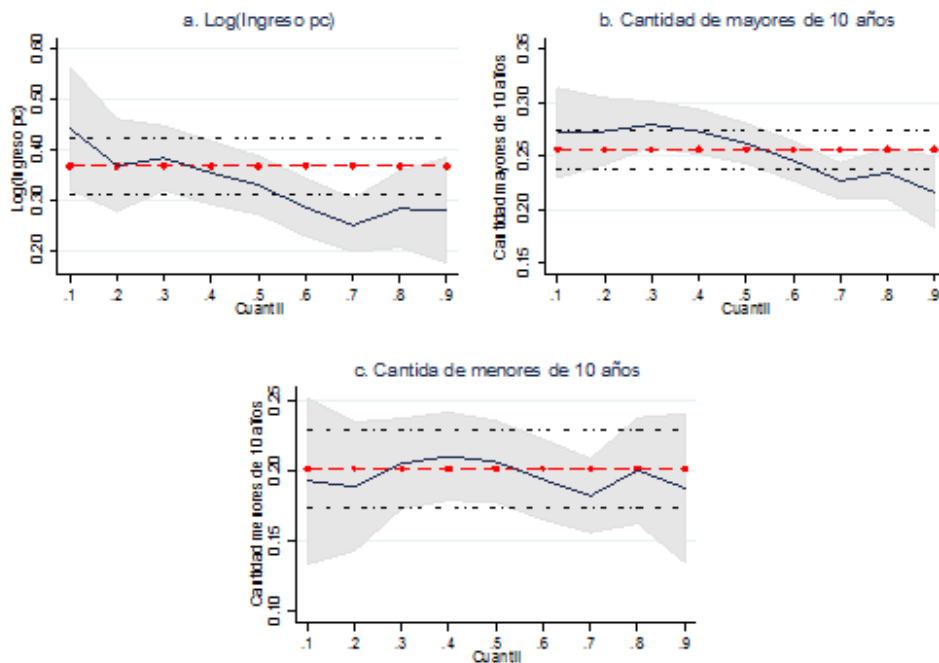
<sup>38</sup> Los intervalos de confianza fueron calculados con un nivel de significación de 95%.

dichas necesidades, o cubrirlas 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 7.4, 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 7.8.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 sin 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 7.8.c.).

**Gráfico 7.8. Regresiones cuantílicas**  
**Grupo 1. Ingreso per cápita y composición del hogar**



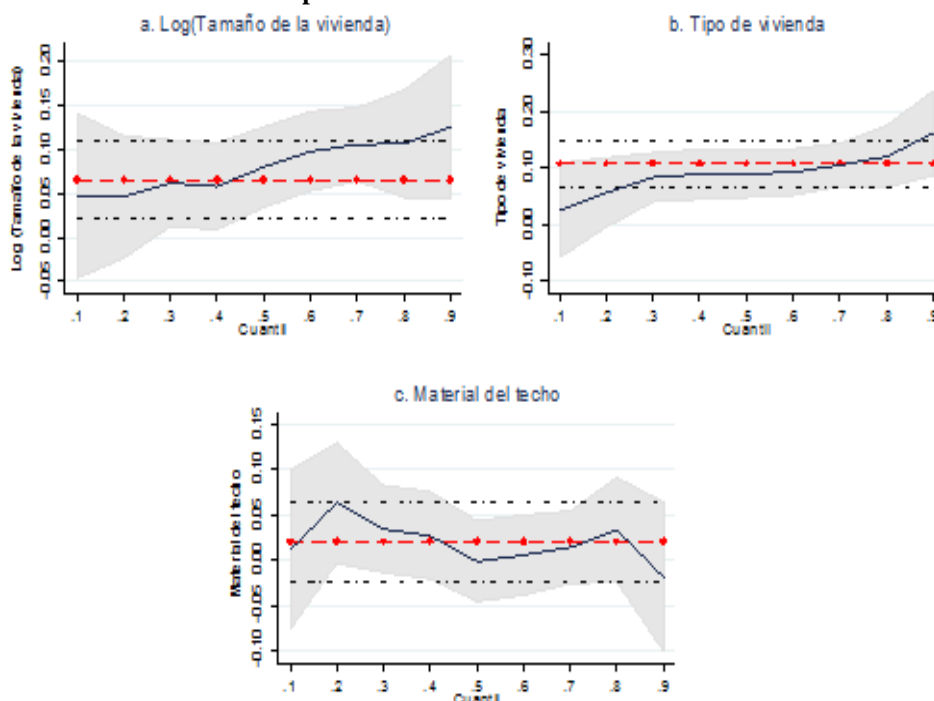
El Gráfico 7.9 ilustra las variables referentes a las características de la vivienda. En primera instancia, se puede observar que el efecto del tamaño de la vivienda se incrementa para los

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 7.9.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. En el apartado anterior se realizaron comentarios respecto a la no significatividad de esta variable.

**Gráfico 7.9. Regresiones cuantílicas**  
**Grupo 2. Características de la vivienda**



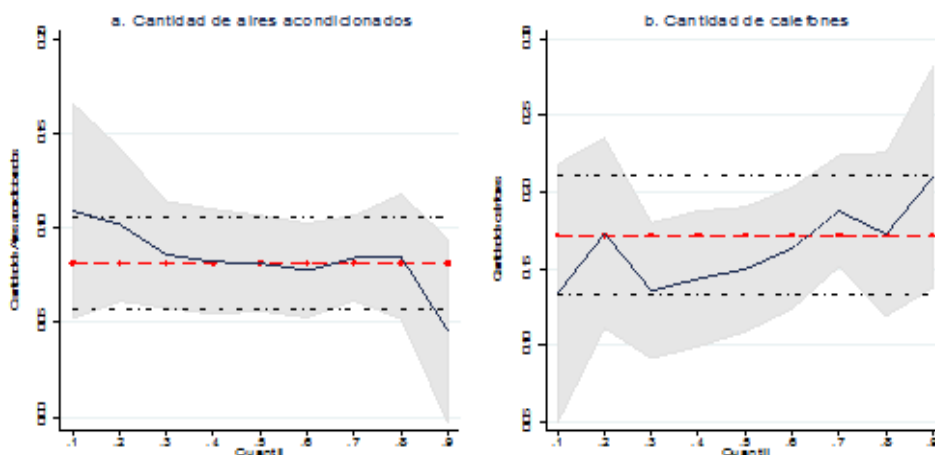
El tercer grupo de variables hace referencia a la tenencia de calefones y equipos de aire acondicionado (Gráfico 7.10). En el caso de la cantidad de aires acondicionados (Gráfico

7.10.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 7.10. Regresiones cuantílicas**  
**Grupo 3. Tenencia de equipos**



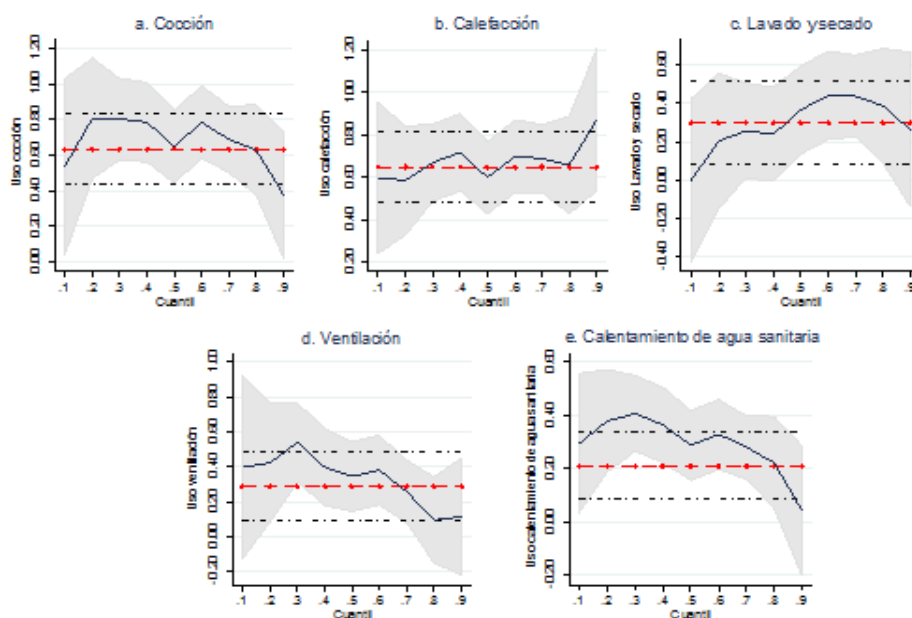
En cuanto a la participación de los usos energéticos incluidos en el análisis, el Gráfico 7.11 permite ver un comportamiento semejante al de una U invertida en los usos cocción, lavado y secado de ropa y calentamiento de agua sanitaria, es decir, el efecto crece levemente en los cuantiles intermedios 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.

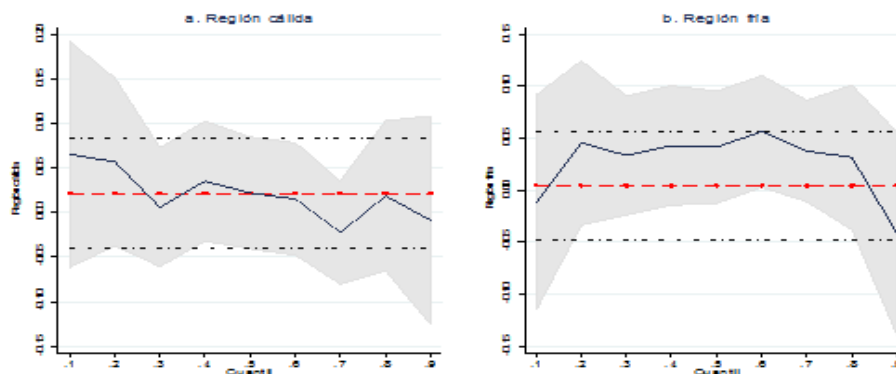
**Gráfico 7.11. Regresiones cuantílicas**  
**Grupo 4. Usos energéticos**



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 7.12 se observa que dichas variables tampoco presentan impactos estadísticamente significativos en los distintos cuantiles de consumo.

**Gráfico 7.12. Regresiones cuantílicas**  
**Grupo 5. Regiones**



### 7.3.1. Síntesis

Los resultados encontrados en las regresiones cuantílicas dan sustento para no rechazar la tercera hipótesis que postula la existencia de un impacto diferencial de los determinantes del consumo promedio de energía eléctrica de los hogares de acuerdo a su ubicación en la distribución del consumo.

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 referidas 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 focalizar políticas energética 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 relevante en la medida que aporta evidencia empírica respecto a la importancia de evaluar la demanda de energía eléctrica residencial desde un set amplio de características, considerando el impacto diferencial de la participación de los distintos usos energéticos. Asimismo, 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, una 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. y Ferrando, M. (2011). Consumo de servicios de energía y agua en la población uruguaya. Serie Documentos de Trabajo, DT 5/11, Montevideo: Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República.
- Bertoni, R. y Román, C. (2006). Energía y Desarrollo: la transición energética en Uruguay 1882-2000. Boletín de Historia Económica, Asociación Uruguaya de Historia Económica, Año IV (5), 19-31.
- Bertoni, R., Camou, M., Maubrigades, S., y Román, C. (2008). Energía eléctrica y calidad de vida en Uruguay, en Bertoni, R. y Rubio, M. (eds.) Energía y Desarrollo en el largo siglo XX: Uruguay en el marco Latinoamericano. Montevideo, 179-205.
- Bertoni, R. (2011). Energía y desarrollo. La restricción energética en Uruguay como problema (1882-2000). Montevideo: Universidad de la República.
- Bierbaum, M. y Gassmann, F. (2012). Chronic and transitory poverty in the Kyrgyz Republic: What can synthetic panels tell us? Working Paper Series. #2012-064. Maastricht, Países Bajos: United Nations University-Maastricht Economic and Social Research Institute and Technology.
- Blanco, A., Eirea, L., Paganini, O., Ruchansky, B. y Torres, A. (2013). Estudio prospectivo del sector energético al 2030. Montevideo: Cámara de Industrias del Uruguay. [http://www.ciu.com.uy/downloads/2013/documento\\_energia.pdf](http://www.ciu.com.uy/downloads/2013/documento_energia.pdf)
- Bouille, D. (2004). Economía de la Energía. San Carlos de Bariloche: Instituto de Economía de la Energía-Fundación Bariloche.
- Bourguignon, F. y Ferreira, F. (2005). Decomposing Changes in the Distribution of Household Incomes: Methodological Aspects en Bourguignon, F., Ferreira, F. y Lustig, N. (ed.), The microeconomics of income distribution dynamics in East Asia and Latin America. Capítulo 2, 17-46. Nueva York: Oxford University Press.
- Bradbrook, A. y Gardam, J. (2006). Placing access to energy services within a human rights framework. Human Rights Quarterly, 28(2), 389-415.
- Brounen, D., Kok, N. y Quigley, J. (2012). Residential energy use and conservation: Economics and demographics. European Economic Review, 56(5), 931-945.
- Brown, A. y Deaton, A. (1972). Surveys in applied economics: models of consumer behavior. The Economic Journal, 82(328), 1145-1236.
- Cabrera, A., Lastra, M. y Soca, L. (2002). Financiamiento del consumo energético básico ante la aplicación del marco regulatorio del sector eléctrico. Propuesta para hogares pobres energéticos de Montevideo. Tesis de grado. Montevideo: Facultad de Ciencia Económicas y de Administración. Universidad de la República.

- Calvo, J. J.; Borrás, V.; Cabella, W.; Carrasco, P.; De Los Campos, H.; Loolhaas, M.; Macadar, D.; Nathan, M.; Núñez, S.; Pardo, I.; Tenenbaum, M. y Varela, C. (2013). Atlas sociodemográfico y de la desigualdad del Uruguay. Las Necesidades Básicas Insatisfechas a partir de los Censos 2011, Montevideo: Ediciones Trilce..
- Dang, H. A., Lanjouw, P., Luoto, J. y McKenzie, D. (2014). Using repeated cross-sections to explore movements into and out of poverty. *Journal of Development Economics*, 107, 112-128.
- Deaton, A. (1986). Demand analysis en Griliches, Z. y Intriligator, M. (eds). *Handbook of Econometrics*, 3, 1767-1839. Amsterdam: North-Holland.
- Deaton, A. (1997). *The analysis of household surveys: a microeconomic approach to development policy*. Washington, D.C.: Johns Hopkins University Press.
- Deaton, A. y Muellbauer, J. (1980). *Economics and consumer behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Deaton, A. y Zaidi, S. (2002). Guidelines for constructing consumption aggregates for welfare analysis. World Bank Living Standards Measurement Study Working Paper, 135, Washington, D.C.: World Bank Publications.
- Dirección Nacional de Energía. (2014). Estudio de demanda: Escenarios. Montevideo: Dirección Nacional de Energía – Ministerio de Industria, Energía y Minería [http://www.dni.gub.uy/documents/15386/5779444/Estudio%20de%20Demanda\\_Escenarios.pdf](http://www.dni.gub.uy/documents/15386/5779444/Estudio%20de%20Demanda_Escenarios.pdf)
- Dirección Nacional de Energía. (2016). Balance Energético 2015. Montevideo: Dirección Nacional de Energía – Ministerio de Industria, Energía y Minería. <http://www.dne.gub.uy/documents/15386/8754206/1.1%20Libro%20BEN%202015.PDF>
- Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. (2008). Política Energética 2005-2030. Montevideo: Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. <http://www.miem.gub.uy/documents/49872/0/Pol%C3%ADtica%20Energ%C3%A9tica%202030?version=1.0&t=1352835007562>
- Dubrovsky, H. y Ruchansky, B. (2010). El desarrollo y la provisión de servicios de infraestructura: La experiencia de la energía eléctrica en Uruguay en el período 1990-2009. Documento de proyecto Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Failache, E., Salas, G. y Vigorito, A. (2016). La dinámica reciente del bienestar de los niños en Uruguay. Un estudio en base a datos logitudinales. Serie Documentso de Trabajo, DT 11/16, Montevideo, Uruguay: Instituto de Economía. Facultad de Ciencia Económicas y de Administración. Universidad de la República.

- Ferguson, B., Tandon, A., Gakidou, E. y Murray, C. J. (2003). Estimating permanent income using indicator variables en Murray, C. J. y Evans, D.B (eds). Health systems performance assessment: debates methods and empiricism. Genova: World Health Organization.
- Fernández Villadangos, L. (2006). La demanda residencial de electricidad en España: Un análisis microeconómico. Tesis de doctorado. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Filmer, D. y 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 Programa de Estudios e Investigaciones en Energía. (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. Montevideo: Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear.  
<http://www.dne.gub.uy/documents/15377/40852/Informe%20Sector%20Residencial%20T1.pdf>
- 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.
- Glewwe, P. y Kannan, O. (1989). Targeting Assistance to the Poor Using Household Survey Data. Policy, Planning and Research Working Papers, 225. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Gouveia, J. P., Fortes, P. y Seixas, J. (2012). Projections of energy services demand for residential buildings: Insights from a bottom-up methodology. *Energy*, 47(1), 430-442.
- Greene, W., 2012. *Econometric Analysis*. Séptima ed. Nueva York: Pearson.
- Grosh, M. y Baker, J. (1995). Proxy means tests for targeting social programs. Simulation and Speculation. Living Standards Measurement Study Working Paper, 118. Washington, D.C.: Banco Mundial
- Guerra Santin, O. (2011). Behavioral Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating. *Energy and Buildings*, 43(10), 2662-2672.
- Gutiérrez Mendieta, A. (2016). Determinantes del consumo eficiente de energía eléctrica en el sector residencial en México: Un enfoque de regresiones cuantílicas. Tesis de maestría. Aguascalientes, México: Centro de Investigaciones y Docencia Económicas.

- Hancevic, P. y Navajas, F. (2015). Consumo residencial de electricidad y eficiencia energética. Un enfoque de regresión cuantílica. *El trimestre económico*, 82(328), 897-927.
- Hansen, J. P. y Percebois, J. (2014). *Energía. Economía y Políticas*. G. Rabinovich (Trad.) Buenos Aires: Asociación Latinoamericana de Economía de la Energía.
- 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*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Koenker, R. y Bassett, R. J. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 46(1), 33-50.
- Koenker, R. y 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. Documento de proyecto. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Lanzilotta, B. y Rodríguez, S. (2014). Modelos de predicción de energía eléctrica con datos horarios para Uruguay. Documento de Trabajo, DT 01/2014. Montevideo: Centro de Investigaciones Económicas.
- Lanzilotta, B. y Rosá, T. (2012). Modelos de predicción de Energía Eléctrica con datos diarios para Uruguay. Montevideo, Uruguay: CINVE. <http://aladee.org/elae2013>.
- Poder Legislativo (1977). Decreto-Ley N° 14.694. Ley Nacional de Electricidad. (7 de setiembre de 1977). Uruguay.
- Poder Legislativo (1997). Ley N° 16.832. Marco Regulatorio para el Sistema Eléctrico Nacional. (17 de Junio de 1997). Uruguay.
- Poder Legislativo (2009). Ley N° 18.597. Uso Eficiente de la Energía en el Territorio Nacional. (21 de setiembre de 2009). Uruguay.
- Llambí, C. y Piñeyro, L. (2012). Índice de Nivel Socioeconómico (INSE). Revisión 2012. Montevideo: Centro de Investigaciones Económicas.
- 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. Tesis de maestría. Buenos Aires: Centro de Estudios en Actividad Regulatoria Energética. Universidad de Buenos Aires.

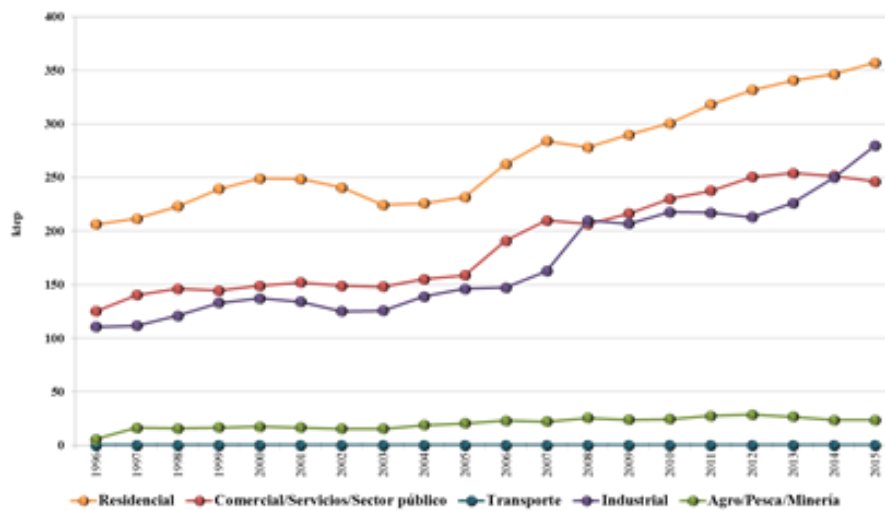
- Meadows, D. H., Meadows, D. L. y Randers, J. (1992). Beyond the limits: global collapse or sustainable future. Londres: Earthscan Publications Lts.
- Medina, E. y Vicéns, J. (2011). Factores determinantes de la demanda eléctrica de los hogares en España: Una aproximación mediante regresión cuantílica. 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. [http://www.audhe.org.uy/images/stories/upload/Jornadas2015/ponencias/Simp\\_05/08%20messina%20audhe.pdf](http://www.audhe.org.uy/images/stories/upload/Jornadas2015/ponencias/Simp_05/08%20messina%20audhe.pdf)
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2015). Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015-2024. Montevideo: Ministerio de Industria, Energía y Minería <http://www.miem.gub.uy/documents/10192/0/Plan%20Nacional%20de%20Eficiencia%20Energetica.pdf>
- Oficina de Planeamiento y Presupuesto. (2010). Estrategia Uruguay III Siglo. Informe de Prospectiva del Sector Energético. Montevideo: Área Estrategia de Desarrollo y Planificación – Oficina de Planeamiento y Presupuesto.
- Pachauri, R. K. (1977). Energy and economic development in India. New York: Praeger Publishers.
- Pérez de la LLana, S. (2013). Caracterización de la demanda residencial de GLP (supergas) en Uruguay y evaluación de política de subsidio sobre este energético. Tesis de Maestría. Montevideo: Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de la República.
- Picción, A., Milicua, S. y 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. <http://cienciassociales.edu.uy/wp-content/uploads/2014/09/Picci%C3%B3n-et-al.pdf>
- Pistonesi, H., Chávez, C., Figueroa, F., y Altomonte, H. (2003). Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la Formulación de Políticas Energéticas. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina
- 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.
- Shin, J.-S. (1985). Perception of price when price information is costly: Evidence from residential electricity demand. The Review of Economics and Statistics, 67(4), 591-598.

- Sovacool, B. (2011a). Conceptualizing urban household energy use: Climbing the "Energy Services Ladder". *Energy Policy*, 39(3), 1659-1668.
- Sovacool, B. (2011b). Security of energy services and uses within urban households. *Environmental Sustainability*, 3(4), 218-224.
- Universidad de la República. (1992). Modelo de demanda de energía. Valores del año base y criterios para la proyección. Montevideo, Uruguay: Convenio Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas - UdelaR.
- Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (1997). Resolución del Directorio 97.-1351.
- Wilcox, R., 2012. *Introduction to Robust Estimation and Hypothesis Testing*. Tercera ed.: Academic Press.
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno (4a ed.)*. México, D.F.: Cengage Learning Editores.

# Anexos

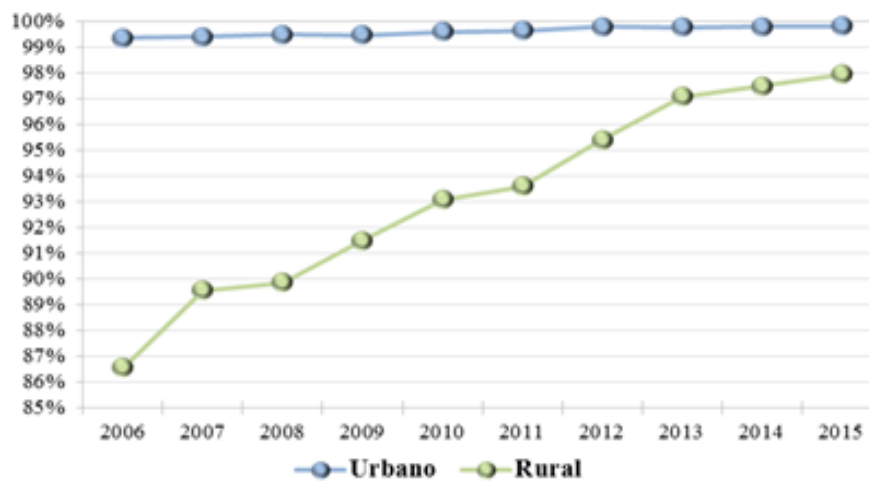
## A. Consumo Final Energía Eléctrica en Uruguay

**Gráfico A.1 Consumo final de energía eléctrica por sector (en ktep)**  
**-1996-2015-**



Fuente: Elaboración propia en base al Balance Energético Nacional 2015, DNE.

**Gráfico A.2. Tasa de electrificación por región**  
**-2006-2015-**



Fuente: Elaboración propia en base al procesamiento de ECH 2006-2015



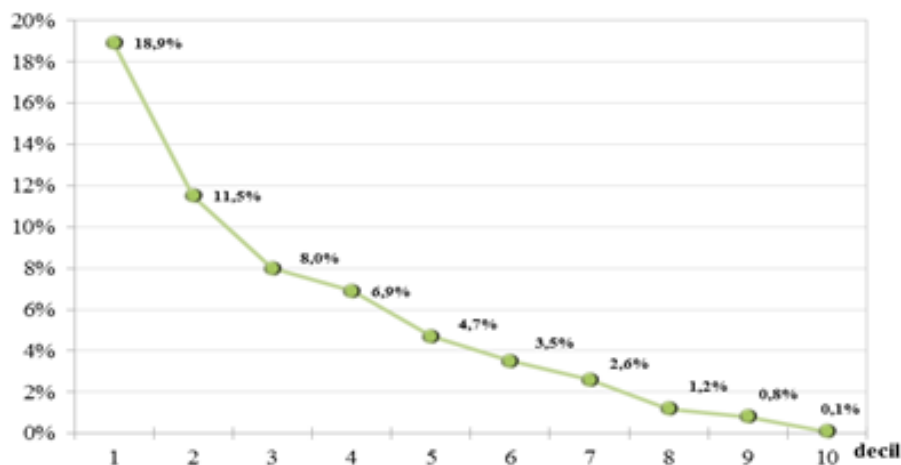
**Tabla A.1. Distribución de hogares, clientes residenciales y consumo de energía eléctrica por departamento<sup>39</sup>**

**-Año 2015-**

Departamento	% de hogares	% de clientes residenciales <sup>40</sup>	% consumo de energía eléctrica residencial	% consumo de energía eléctrica total
Montevideo	41,5	37,5	40,8	42,2
Artigas	1,9	1,9	1,6	1,4
Canelones	15,8	15,4	15,3	15,2
Cerro Largo	2,5	2,5	1,9	1,7
Colonia	3,9	4,4	4,7	4,8
Durazno	1,6	1,7	1,6	1,5
Flores	0,8	0,8	0,8	0,7
Florida	2,0	2,1	2,0	1,9
Lavalleja	1,8	2,0	1,6	2,2
Maldonado	5,4	8,9	9,1	7,1
Paysandú	3,1	3,0	3,0	3,3
Río Negro	1,5	1,4	1,6	1,4
Rivera	2,9	2,7	2,0	2,4
Rocha	2,3	3,1	2,2	1,9
Salto	3,3	2,9	3,0	2,5
San José	3,2	3,1	3,3	4,4
Soriano	2,3	2,3	2,3	2,2
Tacuarembó	2,6	2,7	2,2	1,8
Treinta Y Tres	1,5	1,5	1,1	1,4

Fuente: Elaboración propia en base a datos administrativos de UTE y ECH 2015

**Gráfico A.3. Proporción de hogares conectados irregularmente a la red eléctrica por decil de ingresos. Total país. Año 2008**

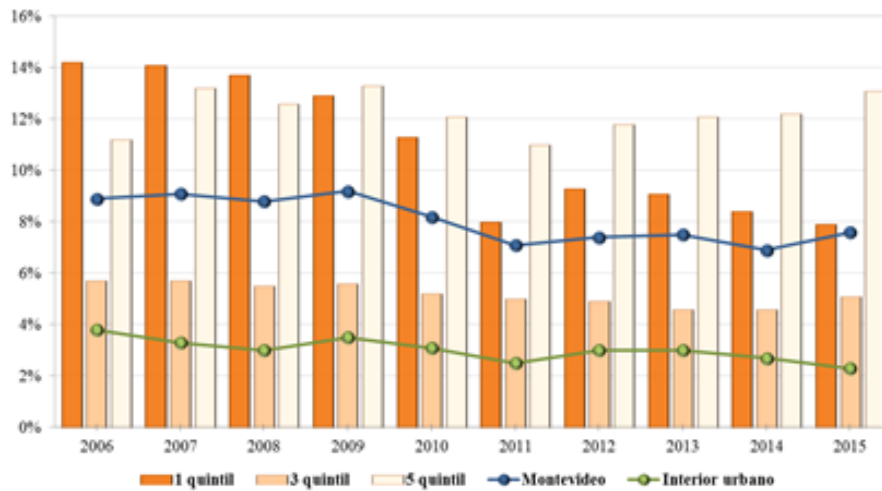


Fuente: Elaboración propia en base al procesamiento de la ECH 2008

<sup>39</sup> Se consideran la cantidad de acuerdos comerciales con tarifa residencial -Tarifa residencial simple, tarifa doble horario residencial y tarifa básica de consumo.

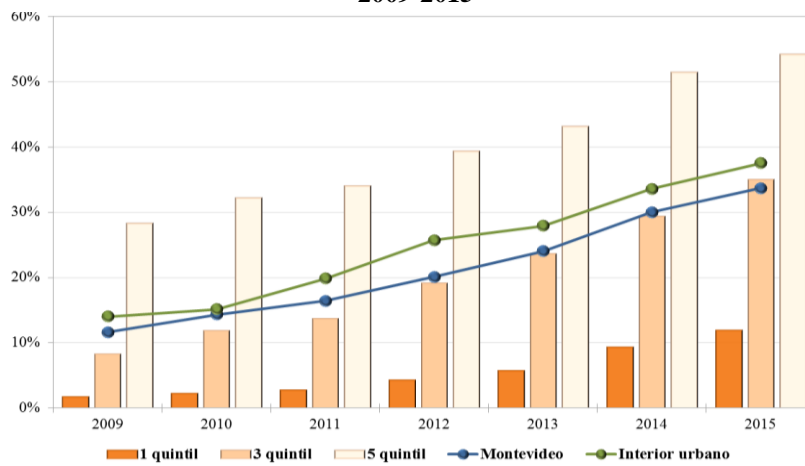
<sup>40</sup> Clientes de UTE con tarifa residencial

**Gráfico A.4. Uso de energía eléctrica como principal fuente para cocción según región y quintil de ingreso**  
-2006-2015-



Elaboración propia en base a Encuestas Continuas de Hogares 2006 y 2015

**Gráfico A.5. Proporción de hogares con aire acondicionado según región y quintil de ingresos**  
-2009-2015-



Elaboración propia en base al procesamiento de la ECH 2009-2015

## **B. Construcción de variables incluidas en la estimación**

### **B.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 B.1. Coeficientes de ponderación de los bienes en el índice**

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

$$\begin{aligned}
 bs_{dur} = & \text{microondas. } \mathbf{0,6630} + \text{radio. } \mathbf{0,1855} + \text{refrigerador. } \mathbf{0,3065} + \text{calefon. } \mathbf{0,5145} \\
 & + \text{lavadora. } \mathbf{0,5808} + \text{secarropa. } \mathbf{0,3595} + \text{lavaplatos. } \mathbf{0,3043} \\
 & + \text{tv\_cable. } \mathbf{0,5043} + \text{video\_dvd. } \mathbf{0,3669} + \text{computador. } \mathbf{0,6636} \\
 & + \text{automovil. } \mathbf{0,6048} + \text{tel\_fijo. } \mathbf{0,6062} + \text{equipo\_aa. } \mathbf{0,5814}
 \end{aligned}
 \tag{B.1}$$

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.

## B.2. Resultados de la estimación del ingreso per cápita

**Tabla B.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*** (0.0549)	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 <sup>2</sup>	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 B.3. Estadística descriptiva del ingreso estimado considerando alternativa para la inclusión del error**

	Media	Desvío estándar	1 cuartil	Mediana	3 cuartil	Min	Max
<b>Ingreso pc sin errores</b>	27.332	15.782	17.184	23.931	33.100	692	156.134
<b>Ingreso pc con errores 1</b>	28.778	16.650	18.128	25.306	34.645	716	167.030
<b>Ingreso pc con errores 2</b>	28.447	19.633	15.607	23.782	35.459	709	217.304
<b>Ingreso pc con errores 3</b>	28.734	19.375	16.169	24.220	35.996	344	205.096

Ingreso pc con errores 1 considera el promedio de los errores resultantes de 1000 sorteos

Ingreso pc con errores 2 incluye los errores resultantes de un sorteo

Ingreso pc con errores 3 incluye los errores resultantes de un sorteo alternativo

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

**Tabla B.4. 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
<b>1</b>	96,8	3,2	0,0	0,0	0,0
<b>2</b>	3,2	90,3	6,5	0,0	0,0
<b>3</b>	0,0	6,5	88,0	5,6	0,0
<b>4</b>	0,0	0,0	5,5	90,4	3,7
<b>5</b>	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

### B.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 B.5. 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
<b>Otros electrodomésticos de cocina</b>			
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
<i>Soup maker</i>	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 B.6. Potencia media y factor de uso de los equipos asociados al uso Conservación de alimentos**

Equipo	Potencia media (Wh/h)	Factor de uso en verano		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 aire

### Calefacción 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*).<sup>41</sup> Se utiliza un coeficiente de operatividad o rendimiento de 2,8<sup>42</sup> -calor o enfriamiento proporcionado por cantidad de energía eléctrica consumida-. A partir de estos datos se calcula la potencia media del equipo.

<sup>41</sup> 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.

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

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

**Tabla B.7. 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 B.8. 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

<sup>42</sup> 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.



*iv. Lavado y secado de ropa y vajilla*

**Tabla B.9. 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 Sanitaria*

**Pérdidas (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.<sup>43</sup> 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 1157:2011<sup>44</sup> 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.

<sup>43</sup> 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).

<sup>44</sup>  $Ef. En = \frac{5,815 * Vol (lts)}{Qpr + 0.05815 * Vol}$  donde  $Qpr$  es la pérdida estática por cada 24 hrs en Kwh

**Tabla B.10. 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:

$$E_d = m * ce * (T_{ac} - T_{af})/860 \quad (B.2)$$

Donde:

- $E_d$  es la cantidad de energía necesaria por ducha o lavado 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.
- $T_{ac}$  temperatura del agua caliente en el calefón y  $T_{af}$  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 B.11. 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

## C. Resultados

**Tabla C.1. Matriz de correlación entre las variables continuas**

	Log (Consumo EE)	Log (Ingreso per cápita)	Cantidad de integrantes		Log (Tamaño de la vivienda)	Cantidad de equipos		Participación de usos energéticos									
			10 o más años	Menores de 10 años		Aire acondicionado	Calefón	Conservación de alimentos	Cocción	Calefacción	Lavado y secado	Ventilación	Calentamiento de agua sanitaria				
Log(Consumo EE 2015)	1																
Log(Ingreso per cápita)	0,13	1															
10 o más años	0,43	-0,47	1														
Menores de 10 años	0,17	-0,46	0,16	1													
Log(Tamaño de la vivienda)	0,37	0,29	0,19	0,01	1												
Aire acondicionado	0,42	0,36	0,08	0,01	0,32	1											
Calefones	0,38	0,35	0,06	-0,04	0,27	0,31	1										
Conservación de alimentos	-0,39	-0,22	-0,13	-0,08	-0,16	-0,35	-0,47	1									
Cocción	0,15	0,24	-0,04	-0,04	0,12	0,12	0,06	-0,25	1								
Calefacción	0,21	0,28	-0,08	-0,02	0,12	0,31	0,14	-0,34	0,03	1							
Lavado y secado	0,11	0,01	0,14	0,13	0,08	0,02	-0,06	-0,12	-0,02	-0,08	1						
Ventilación	0,21	0,03	0,10	0,08	0,09	0,55	0,03	-0,32	-0,04	0,07	-0,06	1					
Calentamiento de agua sanitaria	0,04	-0,06	0,09	0,00	-0,05	-0,23	0,42	-0,40	-0,20	-0,29	-0,19	-0,27	1				

Elaboración propia en base a Encuesta UTE-INE 2015

**Tabla C.2. Estadística descriptiva según nivel socioeconómico**

	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
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 m2)	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 C.3. Resultados de las estimaciones del modelo por MCO utilizando mediciones alternativas de los usos energéticos**

	MCO (Toda la muestra)		Nivel socioeconómico		
	Coefficiente	Intervalo de confianza (95%)	Bajo	Medio	Alto
Log (Ingreso per cápita)	0.352*** (0.0308)	(0.291 0.412)	0.400*** (0.0883)	0.366*** (0.0736)	0.353*** (0.0652)
Cantidad de integrantes mayores de 10 años	0.250*** (0.0101)	(0.230 0.269)	0.206*** (0.0233)	0.285*** (0.0149)	0.243*** (0.0204)
Cantidad de integrantes menores de 10 años	0.197*** (0.0151)	(0.167 0.226)	0.186*** (0.0285)	0.210*** (0.0250)	0.177*** (0.0339)
Log (Tamaño de la vivienda en m <sup>2</sup> )	0.066*** (0.0244)	(0.018 0.111)	0.056 (0.0551)	0.072** (0.0348)	0.125*** (0.0447)
Tipo de vivienda	0.091*** (0.0204)	(0.051 0.131)	0.103 (0.0677)	0.085*** (0.0267)	0.097*** (0.0360)
Material predominante en el techo	0.013 (0.0231)	(-0.032 0.059)	0.040 (0.0429)	-0.032 (0.0313)	0.090 (0.0778)
Cantidad de aires acondicionados	0.083*** (0.0120)	(0.060 0.106)	0.192*** (0.0378)	0.087*** (0.0228)	0.059*** (0.0159)
Cantidad de calefones	0.186*** (0.0173)	(0.152 0.220)	0.238*** (0.0406)	0.174*** (0.0278)	0.171*** (0.0256)
Tenencia de lavarropa	0.107*** (0.0236)	(0.061 0.153)	0.176*** (0.0519)	0.0762** (0.0312)	0.110** (0.0493)
Tenencia de secarropa	0.113*** (0.0293)	(0.056 0.171)	0.211** (0.0822)	0.146*** (0.0472)	0.047 (0.0411)
Uso electricidad como fuente principal para cocción	0.093*** (0.0297)	(0.034 0.151)	0.067 (0.175)	0.162*** (0.0443)	0.022 (0.0366)
Uso de electricidad como fuente principal para calefacción	0.078*** (0.0238)	(0.032 0.125)	-0.077 (0.0577)	0.058* (0.0320)	0.231*** (0.0475)
Uso de electricidad para otros usos de calefacción	0.068*** (0.0217)	(0.026 0.111)	-0.172*** (0.0554)	0.102*** (0.0309)	0.174*** (0.0407)
Región cálida	0.031 (0.0326)	(-0.033 0.095)	-0.060 (0.0572)	0.093** (0.0416)	-0.114 (0.100)
Región fría	0.013 (0.0294)	(-0.044 0.071)	-0.141** (0.0591)	0.085** (0.0344)	0.063 (0.0866)
Constante	0.410 (0.297)	(-0.173 0.993)	0.192 (0.865)	0.144 (0.754)	0.059 (0.663)
Observaciones	2994		751	1496	747
R2	0.482		0.402	0.471	0.573

Errores estándar robustos entre paréntesis

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

**Tabla C.4. Resultado de modelos considerando variables regionales alternativas**

Variable dependiente: Log(Consumo mensual de energía eléctrica)	MCO (temperatura media )	MCO (Montevideo-Interior)
Log (Ingreso per cápita)	0.369*** (0.0295)	0.357*** (0.0300)
Cantidad de menores de 10 años	0.257*** (0.0100)	0.254*** (0.0101)
Cantidad de integrantes	0.202*** (0.0150)	0.199*** (0.0151)
Log (Tamaño de la vivienda en mts. cuadrados)	0.065*** (0.0242)	0.068*** (0.0241)
Tipo de vivienda	0.106*** (0.0199)	0.114*** (0.0208)
Material predominante en el techo	0.015 (0.0240)	0.028 (0.0226)
Cantidad de aires acondicionados	0.081*** (0.0128)	0.082*** (0.0129)
Cantidad de calefones	0.171*** (0.0200)	0.170*** (0.0197)
Prop. de consumo en cocción de alimentos	0.633*** (0.110)	0.624*** (0.110)
Prop. de consumo en calefacción	0.653*** (0.0954)	0.648*** (0.0954)
Prop. de consumo en lavado y secado	0.297** (0.118)	0.297** (0.118)
Prop. de consumo en ventilación	0.283*** (0.102)	0.326*** (0.0997)
Prop. de consumo en calentamiento de agua sanitaria	0.215*** (0.0717)	0.211*** (0.0719)
Temperatura media en verano <sup>(*)</sup>	-0.019 (0.0228)	
Temperatura media en invierno <sup>(*)</sup>	0.021 (0.0186)	
Montevideo <sup>(**)</sup>		0.023 (0.0208)
Constante	0.338 (0.488)	0.282 (0.285)
Observaciones	2,994	2,994
R2	0.487	0.487

Errores estándar robustos entre paréntesis

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

(\*) Variables que consideran la temperatura media en verano e invierno para cada departamento durante el año 2015.

(\*\*) Variable binaria que indica con 1 cuando el hogar reside en Montevideo y cero cuando reside en el Interior.

**Tabla C.5. 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