

Análisis Econométrico de la Demanda de Electricidad en Hogares Peruanos

Luis Bendezú

Jose Gallardo

Diciembre 2006

1. Contenidos

- Introducción
- Modelo teórico
- Implementación Empírica
- Conclusiones

2. Introducción

- En el caso peruano, los modelos de demanda agregada usados para la fijación de tarifas ha mostrado evidentes limitaciones al ser usados con otros fines regulatorios, tal como la medición de elasticidades precio entre distintos grupos, el efecto de un esquema de tarifas crecientes en bloque o la evaluación del subsidio al consumo eléctrico (FOSE).
- Los modelos con información desagregada permiten el modelamiento explícito del proceso de decisión de los consumidores entre distintos planes tarifarios. De esta forma, las elasticidades precio e ingreso pueden ser estimadas con sesgos bastante menores a los modelos con datos agregados. A su vez, las elasticidades estimadas pueden usarse para simular el efecto de medidas de política.

- Bajo este contexto, empleamos una encuesta de hogares llevada a cabo por el OSINERG durante el primer trimestre del 2003. La muestra de aproximadamente 6200 hogares fue emparejada con los registros de precios y consumos de la empresa, consiguiéndose una representatividad nacional y en áreas urbanas y rurales.
- Con el fin de estimar la función de demanda, empleamos un método que combina dos tradiciones usadas ampliamente en estudios empíricos de demanda eléctrica: el modelamiento de tarifas crecientes en bloque y la elección de portafolios de electrodomésticos.

3. Modelo Teórico

- Cada hogar enfrenta una tarifa creciente de dos bloques (IBT por sus siglas en inglés), y existen m portafolios distintos para cada bloque, denotados por $i = 1, \dots, m$.
- Dubin and Robledo (2006): Una manera sencilla de obtener una función de demanda cuasi-lineal es a través de la función indirecta de utilidad. Asumiendo que existen r segmentos tarifarios (denotados por $r = A, B$), se puede emplear la siguiente función indirecta de utilidad (Dubin y McFadden, 1984):

$$\begin{aligned} v_r^i &= \left(\alpha_{0r}^i + \frac{\alpha_{1r}^i}{\beta_r^i} + \alpha_{1r}^i p_{1r} + \beta_r^i (\bar{y}_r - r_i) + \eta_r \right) \exp \left(-\beta_r^i p_{1r} \right) \\ &\quad - \alpha_5 \ln p_2 + \varepsilon_{ir} \\ &= V_r^i + \varepsilon_{ir} \end{aligned}$$

donde α y β son los parámetros a estimar, \bar{y}_r es el "ingreso virtual", p_{1r} es el precio de la electricidad para cada segmento, p_2 es el precio del bien compuesto, r es el precio de alquiler de cada categoría de artefactos, y η_r con ε_{ir} son términos de error. Nótese que existen $r \times m$ funciones indirectas de utilidad a partir de las cuales se obtendrán las respectivas demandas.

- Usando la identidad de Roy, se puede obtener una expresión para la demanda del primer y segundo segmento, condicional a la elección de la categoría i de artefactos:

$$x_{1A}^i = a_{0A}^i - \frac{\alpha_{1A}^i}{\beta_A} + \alpha_{1A}^i + \alpha_{2A}^i p_2 + \beta_A (y - r_i) + \eta_A$$

$$x_{1B}^i + \bar{x}_1 = a_{0B}^i - \frac{\alpha_{1B}^i}{\beta_B} + \alpha_{1B}^i + \alpha_{2B}^i p_2 + \beta_B (\bar{y} - r_i) + \eta_B$$

- El término de error tiene las siguientes propiedades: $E(\eta_r) = 0$, $Var(\eta_r) = \sigma_r^2$ y $cov(\eta_r, \eta_s) = \sigma_{rs}$ para $r \neq s$. Sin embargo, $E(\eta_r | i)$, el valor esperado condicional al portafolio elegido no es igual a cero.

$$E(\eta_r | i) = \sum_{j \neq i}^m \left[\sigma \frac{\sqrt{6}}{\pi} R_j \right] \left[\frac{P_{j|r} \ln P_{j|r}}{1 - P_{j|r}} + \ln P_{j|r} \right]$$

- Las probabilidades $P_{i|r}$ son calculadas a partir de un logit multinomial no lineal y pueden ser interpretadas como la probabilidad de elegir un portafolio particular, dado que se ha elegido un segmento tarifario:

$$\begin{aligned} P_{i|r} &= \Pr(\varepsilon_{jr} - \varepsilon_{ir} < V_r^i - V_r^j, \forall j \neq i) \\ &= \frac{\exp(U_r^i / \theta)}{\sum_{j=1}^m \exp(U_r^j / \theta)}, \quad \theta = \frac{\lambda \sqrt{3}}{\pi} \end{aligned}$$

- En este sentido, las ecuaciones de demanda para una categoría de artefactos i dada puede expresarse como:

$$x_{1A}^i = a_{0A}^i - \frac{\alpha_{1A}^i}{\beta_A} + \alpha_{1A}^i + \alpha_{2A}^i p_2 + \beta_A (y - r_i) + \sum_{j \neq i}^m \gamma_j \left[\frac{P_{j|A} \ln P_{j|A}}{1 - P_{j|A}} + \ln P_{j|A} \right] + \eta_A^*$$

$$x_{1B}^i + \bar{x}_1 = a_{0B}^i - \frac{\alpha_{1B}^i}{\beta_B} + \alpha_{1B}^i + \alpha_{2B}^i p_2 + \beta_B (\bar{y} - r_i) + \sum_{j \neq i}^m \gamma_j \left[\frac{P_{j|B} \ln P_{j|B}}{1 - P_{j|B}} + \ln P_{j|B} \right] + \eta_B^*$$

- El sistema de $m \times 2$ ecuaciones simultáneas puede ser estimado consistentemente mediante 3SLS, dadas las probabilidades estimadas $P_{j|r}$ y la posible correlación contemporánea entre los términos de error.
- Debido a la influencia de otras variables explicativas en el consumo de electricidad, se introducirá una matriz s , que incluye estos factores. Entre ellos destacan las características tanto de los miembros del hogar como de la vivienda.

- Finalmente, las elasticidades precio e ingreso se obtienen de la siguiente forma:

$$\epsilon \left[x_{ir}^j, p_{1r} \right] = \alpha_{1r}^i \frac{p_{1r}}{E \left(x_{1r}^i \mid p_2, y_r, \mathbf{s} \right)}$$

$$\epsilon \left[x_{ir}^j, \bar{y}_r \right] = \beta_r \frac{\bar{y}_r}{E \left(x_{1r}^i \mid p_2, y_r, \mathbf{s} \right)}$$

4. Implementación Empírica

Los Datos

- Encuesta nacional de hogares conducida por el OSINERG durante el primer trimestre del 2003. Se entrevistaron 10243 hogares, con representatividad nacional y urbano / rural.
- La base de datos usada en las estimaciones combina la información de dicha encuesta, el récord de consumo de cada hogar y los precios regulados, variables también obtenidas del OSINERG. Sólo el 86 % de los hogares con electricidad pudo ser emparejado con su consumo histórico (6,200 de 7,190 hogares con acceso a electricidad).

Tres Tipos de Variables:

- Variables "básicas": cantidad demandada por cada hogar, precio, ingreso y elección de portafolio de electrodomésticos.
- Otras variables exógenas: características de los miembros del hogar y de la vivienda.
- Dummies multiplicativas que interactúan con el precio y el ingreso, a fin de determinar si existe una diferencia significativa entre hogares pobres y no pobres.

- Finalmente, el procedimiento de estimación involucra la elección entre m portafolios de electrodomésticos, así como la determinación de la variable r que determina el costo de uso de capital para cada uno de ellos.

- Determinamos cuatro categorías de artefactos, donde cada una de las posteriores incluye a la anterior.
 - a) Conjunto de focos y radio, equipo común en hogares pobres de áreas rurales.
 - b) El segundo portafolio incluye al primero, además de un televisor y una refrigeradora.
 - c) El tercer portafolio es común de clases medias e incluye artefactos representativos como un equipo de sonido, computadora y horno microondas.

d) Finalmente, los artefactos usados por hogares de mayores ingresos, que incluyen calefacción, cocinas eléctricas, entre otros.

- La mayoría de los hogares (52.4 %) declaró tener el portafolio N^o 2, mientras solo el 2.8 % de los hogares usó los artefactos del portafolio N^o 4.
- Para cada uno de estos portafolios, el precio de compra fue obtenido de acuerdo a la edad del artefacto, y se asumió que el costo del equipo es el pago anual que se haría por el mismo de haber sido comprado a crédito.

4.1. Resultados de la Estimación - Primera Etapa

Resultados del Logit Multinomial No Lineal (Primera Etapa)

Dependent Variable: Appliance Portfolio Choice						
Variables	First Price Block			Second Price Block		
	Portfolio 1	Portfolio 3	Portfolio 4	Portfolio 1	Portfolio 3	Portfolio 4
Household's income	-0.001 [0.000]***	0.001 [0.000]***	0.001 [0.000]***			
Household's "virtual" income				-0.001 [0.000]***	0.001 [0.000]***	0.001 [0.000]***
Electricity price (first block)	7.244 [0.418]***	-5.819 [0.299]***	-16.806 [0.898]***			
Electricity price (second block)				4.328 [0.163]***	-5.167 [0.158]***	-11.939 [0.563]***
No of people in household	-0.038 [0.007]***	-0.057 [0.005]***	-0.292 [0.016]***	-0.026 [0.007]***	-0.059 [0.005]***	-0.297 [0.016]***
Household's head age	0.010 [0.001]***	0.003 [0.001]***	0.035 [0.002]***	0.011 [0.001]***	0.002 [0.001]***	0.035 [0.002]***
Dwelling is used for economic activity	0.046 [0.031]	-0.232 [0.023]***	-0.474 [0.061]***	0.056 [0.031]*	-0.220 [0.023]***	-0.449 [0.061]***
Rural Area	1.087 [0.028]***	-0.780 [0.031]***	-1.935 [0.162]***	1.127 [0.027]***	-0.741 [0.031]***	-1.812 [0.155]***
Constant	-4.787 [0.137]***	0.942 [0.093]***	1.378 [0.288]***	-4.468 [0.099]***	1.270 [0.077]***	1.087 [0.254]***
Observations			69124			69124
Log likelihood			-59561.99			-58825.58
LR chi2(18)			16919.01			18391.83
P-value			0.0000			0.0000
Pseudo R2			0.1244			0.1352

Standard errors in brackets

* significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%

- El único portafolio que tiene una relación negativa con el ingreso es el primero. Todos los otros poseen una relación positiva, en el sentido que un hogar con mayores ingresos tiene una mayor probabilidad de elegir el tercer o cuarto portafolio.
- Puede inferirse que la presencia de mayores tarifas disuade a los hogares de adquirir otros artefactos.

4.2. Resultados de la Estimación - Segunda Etapa

Dependent Variable: Electricity Consumption (kWh / month)								
Variable	First Block				Second Block			
	Portfolio 1	Portfolio 2	Portfolio 3	Portfolio 4	Portfolio 1	Portfolio 2	Portfolio 3	Portfolio 4
Electricity price (first block)	-116.450	-114.594	-119.757	-120.156				
	[3.521]***	[3.542]***	[3.467]***	[3.466]***				
Electricity price (first block) * Poor Household	-73.566	-73.366	-73.945	-73.978				
	[1.641]***	[1.642]***	[1.641]***	[1.641]***				
Electricity price (second block)					-51.696	-53.118	-57.434	-55.133
					[2.602]***	[2.621]***	[2.579]***	[2.577]***
Electricity price (second block) * Poor Household					-4.17	-4.288	-4.865	-4.604
					[1.958]**	[1.961]**	[1.960]**	[1.958]**
Household income	0.004	0.004	0.003	0.003				
	[0.000]***	[0.000]***	[0.000]***	[0.000]***				
Household income * Poor Household	0.019	0.019	0.019	0.019				
	[0.001]***	[0.001]***	[0.001]***	[0.001]***				
Household "virtual" income					0.01	0.01	0.009	0.009
					[0.000]***	[0.000]***	[0.000]***	[0.000]***
Household "virtual" income * Poor Household					0.006	0.006	0.006	0.006
					[0.001]***	[0.001]***	[0.001]***	[0.001]***
No of people in household	-0.266	-0.110	-0.553	-0.584	-1.038	-1.19	-1.698	-1.44
	[0.077]***	[0.078]	[0.074]***	[0.074]***	[0.127]***	[0.128]***	[0.125]***	[0.125]***
Household's head age	-0.069	-0.094	-0.022	-0.017	0.006	0.032	0.118	0.074
	[0.009]***	[0.010]***	[0.009]**	[0.009]**	[0.016]	[0.016]*	[0.016]***	[0.015]***
Dwelling is used for economic activity	2.985	3.066	2.827	2.813	4.175	4.101	3.83	3.963
	[0.260]***	[0.261]***	[0.261]***	[0.261]***	[0.439]***	[0.440]***	[0.439]***	[0.439]***
Fixed telephone line in household	12.298	12.299	12.294	12.294	14.247	14.251	14.253	14.25
	[0.154]***	[0.154]***	[0.154]***	[0.154]***	[0.259]***	[0.259]***	[0.259]***	[0.259]***
No of rooms in household	1.922	1.922	1.922	1.922	0.994	0.994	0.995	0.995
	[0.069]***	[0.069]***	[0.069]***	[0.069]***	[0.116]***	[0.116]***	[0.116]***	[0.116]***
P11		0.640	-1.234	-1.352				
		[0.057]***	[0.085]***	[0.080]***				
P21	0.662		2.098	2.191				
	[0.081]***		[0.145]***	[0.157]***				
P31	-1.904	-3.026		0.261				
	[0.206]***	[0.244]***		[0.045]***				
P41	1.348	2.021	0.142					
	[0.094]***	[0.125]***	[0.024]***					
P12						-0.484	-2.484	-1.544
						[0.103]***	[0.160]***	[0.106]***
P22					-0.423		2.201	1.242
					[0.148]***		[0.254]***	[0.223]***
P32					4.719	-3.495		-1.896
					[0.319]***	[0.298]***		[0.138]***
P42					1.778	1.086	-1.155	
					[0.113]***	[0.153]***	[0.074]***	
Constant	77.117	78.596	74.323	74.049	116.151	114.829	109.487	112.022
	[1.074]***	[1.090]***	[1.103]***	[1.097]***	[1.346]***	[1.409]***	[1.434]***	[1.381]***
Observations	68230	68230	68230	68230	68230	68230	68230	68230
R-squared	0.2909	0.291	0.2907	0.2906	0.1419	0.1418	0.1419	0.1419
Chi-squared	28612.01	28612.52	28518.18	28503.45	11766.4	11689.83	11774.96	11781.68
P-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

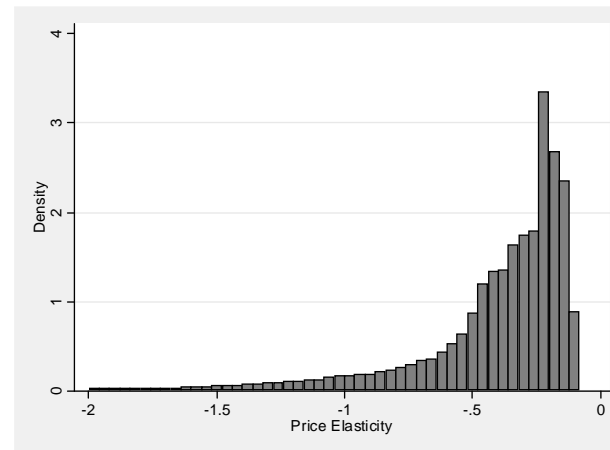
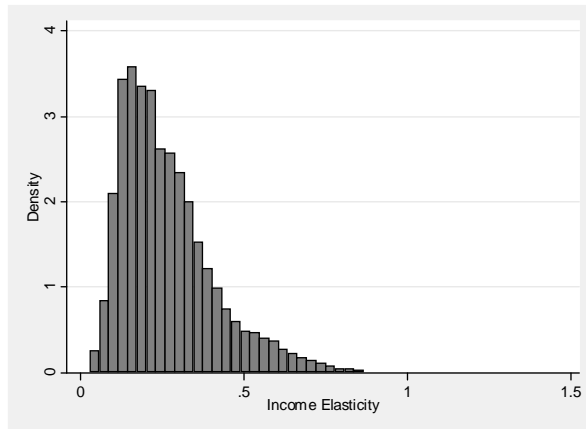
Standard errors in brackets

* significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%

Elasticidades Precio e Ingreso - Efectos Promedio (por Deciles de Ingreso)

Decile	Price	Income
1	-0.9357 ***	0.2693 ***
2	-0.7317 ***	0.3323 ***
3	-0.5840 ***	0.3556 ***
4	-0.4640 ***	0.3346 ***
5	-0.3529 ***	0.2578 ***
6	-0.2665 ***	0.1710 ***
7	-0.2334 ***	0.1694 ***
8	-0.2077 ***	0.1726 ***
9	-0.1982 ***	0.2039 ***
10	-0.1653 ***	0.2552 ***
Total	-0.3170 ***	0.2349 ***

Distribución de las Elasticidades Precio e Ingreso



- La elasticidad precio es mayor para portafolios más intensivos en el uso de energía de hogares que consumen en el primer bloque.
- Del total de hogares, los más pobres son los que tienen una mayor elasticidad precio, sin importar el segmento en el que consuman.
- Al analizar la elasticidad ingreso, se encontró que los hogares que consumen en el primer bloque son los más sensibles a cambios en ingreso. Nuevamente, los hogares más pobres de este bloque tienen la elasticidad ingreso más alta. En contraste, los hogares que consumen en el segundo bloque son menos sensibles ante cambios en ingreso.
- Esta mayor elasticidad se debería a la existencia de fuentes alternativas de energía (lámparas a kerosene, velas o baterías).

- Siguiendo esta lógica, la elasticidad precio es menor en hogares que no tienen posibilidades de sustitución, como los de clase media en áreas urbanas.

- Los hogares más pobres tienen elasticidades ingreso más altas puesto que un mayor ingreso se traslada a una compra de nuevos electrodomésticos cuyo uso se traducirá en un mayor consumo de electricidad.
- Cuando un hogar llega a cierto punto en su ingreso, incrementos posteriores en éste no llevan a un mayor consumo de electricidad, dado que ya se posee un stock apreciable de electrodomésticos. Sólo se observan incrementos modestos en el consumo, relacionados mayormente a decisiones de uso..

5. Conclusiones

- Los resultados muestran que las elasticidades precio e ingreso en el Perú son -0.31 y 0.23 respectivamente. Estos valores ocultan una notable heterogeneidad, en el sentido que algunos hogares poseen demandas más o menos elásticas.
- También se encontró que tanto el ingreso como el precio de la electricidad influyen en la decisión de compra de electrodomésticos.
- Los hogares más pobres tienen las elasticidades precio e ingreso más altas, sin importar el bloque donde consuman. En este sentido, pueden diseñarse políticas tarifarias orientadas a dichos segmentos con el fin de mejorar su bienestar.

- El análisis de la elección de portafolios muestra que los hogares recién constituidos son también los más sensibles a cambios en precio. Estos hogares suelen estar ubicados en áreas de expansión de empresas de distribución, lo cual tiene relevancia para políticas de expansión de cobertura en áreas urbano-marginales y rurales.

- Sin embargo, existen limitaciones a ser abordadas en una futura agenda de investigación.
 - a) Los determinantes de la elección entre portafolios deben ser investigados en mayor detalle, así como la posibilidad de ordenar los portafolios: logit ordenado?
 - b) Adicionalmente, asumimos implícitamente que existe una relación unidireccional entre ingreso y consumo de energía. La experiencia en países en desarrollo muestra que el consumo de energía también podría influenciar al ingreso, en el caso de hogares que desarrollen actividades económicas dentro de la vivienda. En consecuencia, un análisis más detallado de este hecho es necesario para obtener resultados más precisos de elasticidades precio e ingreso.