

**Consumo de Energía Eléctrica en Puerto Rico:
Un análisis econométrico con datos de panel para el periodo
1984 al 2014**

Sobrino César Rodolfo¹, Rosario Yahaira²

¹ School of Business SCHOOL OF BUSINESS ADMINISTRATION, Universidad del Turabo, PO Box 3030, Gurabo, PR 00778

² Puerto Rico Planning Board and University of Turabo

RESUMEN

Introducción: El sector eléctrico es un sector sensible para la economía de Puerto Rico porque la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) es casi el único proveedor de energía de la isla. **Objetivo:** El siguiente estudio analiza la demanda de energía (residencial e industrial) en Puerto Rico. El objetivo es determinar cómo el precio promedio del Kwh y ingreso real per cápita municipal afectan el consumo de energía. **Metodología:** Se utiliza un modelo econométrico con datos de panel. Dado que se establece un modelo de demanda no lineal los principales coeficientes estimados serán las elasticidades precio de la demanda e ingreso de la demanda. Las técnicas utilizadas fueron los Efectos Fijos y Efectos Aleatorios. Para determinar cuál modelo tiene un mejor ajuste, se utilizó como criterio la prueba de Hausman. Los datos para el análisis fueron de los 78 municipios de Puerto Rico para la serie de tiempo comprendida desde el año 1984 hasta el 2014. **Resultados:** Usando efectos fijos, la elasticidad precio de la demanda para el consumo residencial fue de -0.022 y -0.14 para el consumo industrial. En relación a la elasticidad ingreso de la demanda esta fue 0.39 para el consumo residencial y de 1.06 para el consumo industrial. **Conclusión:** Los resultados indican que la electricidad en Puerto Rico es un bien inelástico. Este resultado es consistente dado que hay pocos sustitutos de energía en la isla. Para el caso del sector industrial este dato sugiere que el costo de la energía no es el factor principal de caída de la producción industrial porque el consumo industrial es poco sensible a los cambios del precios. En el caso del ingreso el resultado indica que es un bien normal aunque el consumo del sector industrial es más sensible a los cambios en el ingreso.

Introducción

El sector eléctrico es un sector sensible para la economía de Puerto Rico porque la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) es casi el único proveedor de energía de la isla. El marco legal controla la entrada de sustitutos de energía como lo son la energía eólica y la energía solar las cuales pueden ser aprovechadas por Puerto Rico dada su importante ubicación en el mar Caribe. Es más, la caída del precio del gas natural licuado (GNL) y las nuevas tecnologías en el transporte podrían ayudar a diversificar las fuentes de energía en las islas (i.e. Hawái) incluyendo a Puerto Rico, que cuenta con una planta generadora de electricidad a base de GNL.

Algunos economistas proponen la creación de un organismo independiente que observe y regule el mercado de la electricidad en Puerto Rico sin perder de perspectiva la calidad y confiabilidad del servicio. Ante la ausencia de este organismo, la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) continuará siendo un monopolio y los costos de la electricidad seguirán en aumento (Quintero, 2013), sobre todo si se usa energía térmica cuyo costo está fuertemente correlacionado con el precio del petróleo. Por ejemplo, el precio promedio de la electricidad en 48 de los 50 estados de EE.UU. fue de 12 centavos por kilovatio/hora. Esto compara adversamente con Puerto Rico donde el precio fue de 28 centavos por kilovatio/hora (Pelatti, 2014). Esto representa una diferencia de 133%.

El costo de la energía en la economía indica si afecta positiva o negativa el Producto Nacional Bruto (PNB) esto ha sido objeto de debate entre los economistas (Hernández & Toledo, 2014). El precio del petróleo tiene un gran efecto sobre la

economía de los Estado Unidos (Rotemberg & Woodford, 1996 y Dotsey & Reid, 1992). En cambio, otros estudios encontraron un efecto pequeño (Burbidge & Harrison, 1984). Estudios previos de la Junta de Planificación han determinado que el precio del Kwh está relacionado con el crecimiento económico de Puerto Rico. La teoría económica nos indica que a mayor precio de la energía los costos industriales deben aumentar lo que debe conllevar a una reducción de la producción industrial, sobre todo si la energía es un costo variable. Un estudio empírico sobre Puerto Rico encontró que los cambios en precio no se ven reflejado de forma inmediata. En el estudio realizado por Hernández y Toledo, (2014) demostró que a dos rezagos el PNB real registra una elasticidad respecto al precio del kilovatio hora de 5 por ciento. Lo que implica que un aumento de 1 por ciento en el precio del Kwh provocaría una reducción de 5 por ciento en el PNB real. Sin embargo, los autores concluyen que el efecto negativo del aumento en el precio del Kwh sobre la economía de Puerto Rico es uno moderado debido a que no se refleja inmediatamente sino de manera rezagada.

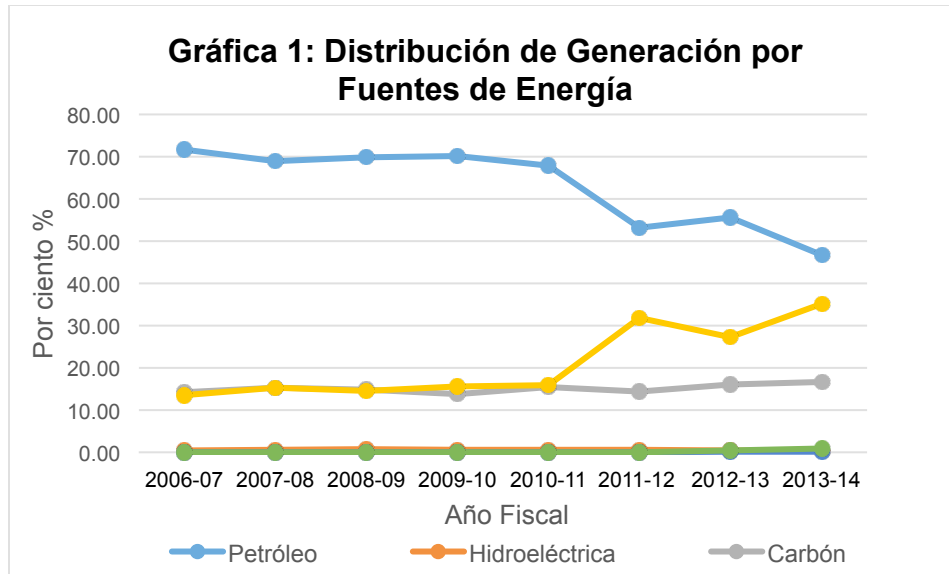
El objetivo de este estudio es estimar la demanda de energía eléctrica a nivel residencial y a nivel industrial usando un modelo de datos de panel para el periodo 1984-2012 para los 78 municipios de PR. Los resultados indican que la electricidad en Puerto Rico es un bien inelástico. Este resultado es consistente dado que hay pocos sustitutos de energía en la isla. Para el caso del sector industrial este dato sugiere que el costo de la energía no es el factor principal de caída de la producción industrial porque el consumo industrial es poco sensible a los cambios del precios. En el caso del ingreso el resultado indica que es “un” bien normal aunque el consumo del sector industrial es más sensible a los cambios en el ingreso municipal.

La segunda parte presenta el trasfondo histórico. La tercera parte revisa la literatura. La cuarta parte presenta el modelo a utilizar. La quinta sección discute los resultados. Por último, la sección final presenta las conclusiones.

Trasfondo Histórico de la Energía Eléctrica de Puerto Rico

En 1893 se instaló el primer sistema de alumbrado privado por el Sr. José Ramón Figueroa en Villalba. Ya para el 1915 se estrenó el alumbrado público en la ciudad capital de San Juan con la instalación de ocho focos y 600 lámparas. El municipio de Mayagüez fue el segundo municipio en instalar 116 lámparas de arco para alumbrado. El 1937, fue el inicio de una nueva etapa en el desarrollo de servicio público de electricidad en Puerto Rico. La primera corporación pública de Puerto Rico fue creada en el 1941 bajo la Ley Número 83 como la Autoridad de las Fuentes Fluviales (AFF). Para el año 1950 se comenzó a utilizar el petróleo para generar electricidad pasando las hidroeléctricas y las termoeléctricas a un segundo plano.

En el 1974 mediante la Ley Núm. 57, la Autoridad de las Fuentes Fluviales cambió su nombre por el de Autoridad de Energía Eléctrica. Este cambio surgió ya que las fuentes fluviales no constituían en ese momento la principal fuente energética de Puerto Rico. Durante la década del 1970 el petróleo y sus derivados constituían la fuente energética principal para la producción del 98% de la electricidad que consumía la isla y las fuentes de agua sólo un 2%.



Fuente: Autoridad de Energía Eléctrica

En la actualidad existen 6 tipos de fuentes de energía, estas son: petróleo, hidroeléctrica, carbón, gas natural, fotovoltaica y eólica. En la Gráfica 2 se observa la distribución de generación por fuentes de energía para el período que corre desde el año fiscal 2006 hasta el 2014. La distribución para las fuentes de energía la hidroeléctrica, fotovoltaica y eólica es menor en comparación con las demás, ya que estas comenzaron a establecerse a partir del año fiscal 2006-07. El petróleo ha sido la principal fuente de energía a través de los últimos años. Sin embargo, el gas natural ha ido en aumento en los años.

Para el año 2011 se presentó una reducción en el consumo de energía eléctrica en Puerto Rico. Esto debido a un aumento en el costo de la electricidad de un 16.5% en comparación con el año 2010. La reducción mayor se produjo en los clientes residenciales con un 7.9%, luego el sector industrial con cerca de un 6% y el sector comercial con alrededor de 3%. Este comportamiento de los consumidores coincidió al dramático aumento en los costos de electricidad en el país (Gómez, 2011).

Revisión de literatura

Cuando se habla sobre política energética se asume que la demanda por electricidad aumenta un 7% independientemente de la situación económica y de las condiciones del mercado de electricidad, sin embargo no se puede desatender la evolución de los precios (Benavente et al. 2005). Además, Consistentemente se ha encontrado que el precio de la energía eléctrica tiene un impacto en el consumo (Benavente et al. 2005 y Agostini et al. 2011). Estos autores coinciden en que reducciones en los precios llevan a incrementos del consumo de electricidad en los hogares, es decir la demanda por la electricidad es sensible al precio. Esto significa que los consumidores, en efecto, modifican su consumo de electricidad en respuesta a incrementos en precios. Otras variables como el ingreso, el número de personas en el hogar, cantidad de artefactos electrónicos también inciden en la demanda eléctrica en los hogares. (Agostini et al 2011).

A pesar de esto, estudios como el de Bendezu (2009), reflejaron que la demanda de electricidad en Perú era inelástica tanto al precio como a los ingresos del hogar. Otro factor evaluado en la literatura previa lo es el efecto del clima en el consumo de energía. Valor, Climent, Meneur y Caselles (2002), encontraron que la factura de energía eléctrica en el sector doméstico se ve afectada únicamente en los meses de calor a consecuencia de una mayor utilización de los aires acondicionados.

Metodología

Para estudiar los determinantes del consumo de energía residencial e industrial en Puerto Rico se establece un modelo de datos de panel el permite hacer análisis de serie de tiempo y de corte transversal. En este caso se usara el periodo 1984 -2012 para los 78 municipios de PR: El modelo no lineal es el siguiente:

$$\log(elect_{i,t}) = \beta_1 \log(pcincome_{i,t}) + \beta_2 \log(prelect_{i,t}) + \beta_3 \log(clientes_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde i : 1, 2, 3, ..., 78

t : 1, 2, 3, ..., 31;

$elect_{i,t}$ es el consumo residencial o industrial de electricidad por municipio i en el tiempo t ,

$pcincome_{i,t}$ ingreso real per capita en el municipio i en el tiempo t

$prelect_{i,t}$ es el precio promedio del Kwh residencial o industrial (centavos) en los municipios i en el tiempo t

$clientes_{i,t}$ clientes en los municipios i en el tiempo t

En el modelo, la variable dependiente es el consumo de electricidad residencial o industrial por municipio y las variables independientes el precio promedio del Kwh (residencial e industrial), el ingreso real per capital municipal y clientes (residencial e industrial) (Tabla1). Sin embargo, para los municipios de Naguabo, Naranjito y Orocovis la serie solo cuenta con datos desde el año 2001 al 2014. Todos los datos fueron obtenidos de la AEE y la Junta de Planificación.

Los coeficientes estimados se interpretan como elasticidad. El consumo residencial se refiere al compuesto por las unidades de vivienda tanto pública como privada. En términos del consumo industrial, podemos mencionar aquellos establecimientos como farmacéuticas, hoteles, fábricas entre otras. Por otro lado, dentro del modelo se utilizó la técnica de efectos fijos y efectos aleatorios. Para determinar cuál modelo presenta un mejor ajuste, se utilizó la Prueba Hausman.

Tabla 1: Descripción de las variables		
VARIABLES	FUENTES	DEFINICIÓN
Variable Dependiente		
Consumo de electricidad por municipio	Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico	Total de consumo en Kwh (residencial e industrial)
Variable Independiente		
Precio promedio del Kwh (Residencial e Industrial)	Autoridad de Energía Eléctrica	Promedio (centavos por Kwh)
Producto Nacional Bruto municipal (PNB-m)	Estimado basado al índice económico del Banco Gubernamental	PNB-m real por municipios
Clientes (residencial e industrial)	Autoridad de Energía Eléctrica	Total de clientes (residencial e industrial)
Fuente: Elaboración propia.		

Resultados

Los resultados de los modelos (1) consolidados (pool), (2) de efectos fijos y (3) de efectos aleatorios que analizaron el consumo de electricidad residencial e industrial se presentan en la Tabla 2 y 3, respectivamente.

Tabla 2: log(Consumo Residencial en Kwh) (variable dependiente) Estimaciones de panel de mínimos cuadrados			
	Consolidado (Pooling)	Efecto Fijo (within)	Efecto Aleatorio
Log(Precio promedio)	0.15 ^{***}	-0.02 ^{***}	0.030 ^{***}
Log(PNB)	0.44 ^{***}	0.39 ^{***}	0.48 ^{***}
Log(clientes residencial)	0.79 ^{***}	1.53 ^{***}	1.23 ^{***}
Intercepto	2.72 ^{***}	-1.60 ^{***}	-2.32 ^{***}
Número de observaciones	N= 2361	N= 2361	N= 2361
R ²	0.97	0.95	0.95
Nivel de significancia 0 ^{***} Nivel de significancia 0.001 ^{***} Nivel de significancia 0.01 ^{**} Nivel de significancia 0.05 [.] Nivel de significancia 0.1 [']			

En los resultados obtenidos en el consumo de electricidad residencial, si aumenta en 1% el precio promedio del Kwh residencial, el consumo baja en 0.022%. Por cada aumento de 1% en el PNB municipal real, el consumo residencial aumentaría por 0.39%. Por cada aumento de 1% total de clientes residenciales, el consumo residencial aumentaría por 1.53%. En la prueba Hausman el *p-value* fue **2.2e-16**, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula que indica que el modelo de efectos aleatorios es el mejor.

Tabla 3: log(Consumo Industrial en Kwh) (variable dependiente) Estimaciones de panel de mínimos cuadrados			
	Consolidado (Pooling)	Efecto Fijo (within)	Efecto Aleatorio
Log(Precio promedio)	0.61 ^{***}	-0.14 [.]	-0.11
Log(PNB)	0.71 ^{***}	1.06 ^{***}	1.08 ^{***}
Log(clientes industrial)	1.24 ^{***}	0.77 ^{***}	0.79 ^{***}
Intercepto	1.51		-5.47 ^{***}

Número de observaciones	N= 2343	N= 2343	N= 2343
R ²	0.58	0.28	0.31
Nivel de significancia 0 ‘***’ Nivel de significancia 0.001 ‘***’ Nivel de significancia 0.01 ‘*’ Nivel de significancia 0.05 ‘.’ Nivel de significancia 0.1 ‘			

Los resultados obtenidos en el consumo de electricidad industrial, si aumenta en 1% el precio promedio del Kwh industrial, el consumo baja en 0.14%. Por cada aumento de 1% en el PNB municipal real, el consumo industrial aumentaría por 1.06%. Por cada aumento de 1% total de clientes industrial, el consumo industrial aumentaría por 0.77%. En la prueba Hausman el *p-value* fue **0.0002**, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula que indica que el modelo de efectos aleatorios es el mejor.

Observamos que el residencial esta entre 0 y 1. Sin embargo, industrial es mayor que uno. Este resultado sugiere que si crece el ingreso, el sector industrial aumenta su consumo, indicando que sube su nivel de producción.

Conclusión

Este estudio analiza la demanda de energía (residencial e industrial) en Puerto Rico. El objetivo es determinar cómo el precio promedio del Kwh y ingreso real per cápita municipal (estimado) afectan el consumo de energía.

Bajo efectos fijos, los resultados indican presentó que la elasticidad precio de la demanda residencial de -0.022 y la elasticidad precio de la demanda industrial es 0.14 y lo que indica que si el precio de la energía sube en 1 por ciento el consumo residencial e industrial cae en 0.022% y 0.14% respectivamente.

Los resultados indican que la electricidad en Puerto Rico es un bien inelástico. Este resultado es consistente dado que hay pocos sustitutos de energía en la isla. Para el caso del sector industrial este dato sugiere que el costo de la energía no es el factor principal de caída de la producción industrial porque el consumo industrial es poco sensible a los cambios de precios. En el caso del ingreso el resultado indica que es “un” bien normal aunque el consumo del sector industrial es más sensible a los cambios en el ingreso.

En el caso del ingreso el resultado indica que es “un bien normal”. Esto se da por la necesidad de las personas por electricidad (es un bien de primera necesidad). Crece el nivel de ingreso y crece el consumo de energía. Si los resultados hubiesen sido negativos, entonces esto hubiera sido un indicador de que la energía fuera un bien inferior por lo que no supondría que fuera de primera necesidad.

Este trabajo nos ayuda a observar cómo se comporta la demanda de energía en Puerto Rico. Futuras investigaciones sobre el tema podrían incluir técnicas econométricas de efectos espaciales y efecto de un impuesto adicional a la energía.

Referencia

- Amjad-Chauldhry, A. (2010). A Panel Data Analysis of Electricity Demand in Pakistan. *La Lahore Journal of Economics*, pp. 75-106.
- Autoridad de Energía Eléctrica (AEE). (2003). *Reglamento para la Concesión de las tarifas Especiales de Incentivo a las Industrias*. Recuperado de <http://www.aeepr.com/docs/manuales/Reglamento%20para%20la%20Concesi%C3%B3n%20de%20las%20Tarifas%20Especiales%20de%20Incentivos%20a%20las%20Industrias.pdf>
- Autoridad de Energía Eléctrica (AEE). (2014). *Pinceladas de Nuestra Historia*. Recuperado 23 de octubre de 2014, <http://www.aeepr.com/Aees/historia.asp>
- Díaz, M. (2013). Se va en electricidad buena parte del presupuesto familiar. *El Nuevo Día*. Descargado de http://aceer.uprm.edu/pdfs/presupuesto_familiar.pdf
- Gómez, A.R. (2011, septiembre) Cae drásticamente el consumo de electricidad. *Primera Hora*. Descargado de <http://www.primerahora.com/noticias/puerto-rico/nota/caedrasticamenteelconsumodeelectricidad-550926/>
- Hernández, J., Toledo, W. (2014). El efecto del precio del kilovatio hora en la economía de Puerto Rico. *Resumen Económico de Puerto Rico, Junta de Planificación*, Agosto 2014, Vol. II, Núm. 5.
- Pelatti, L. (2014, agosto). El precio de la electricidad y las islas. *El Vocero*. Descargado de <http://sincomillas.com/el-precio-de-la-electricidad-y-las-islas-solo-para-suscriptores-de-pago/>
- Quintero, I. (2013, noviembre). Economistas resuelven el acertijo del alto costo de la energía eléctrica. *Noticel*. Descargado de <http://www.noticel.com/noticia/151041/economistas-resuelven-el-acertijo-del-alto-costo-de-la-energia-electrica.html>
- Agostini, C., Plottier, M., & Saavedra, E. (2011). La demanda residencial por energía eléctrica en Chile.
- Benavente, J., Galetovic, A., Sanhueza, R., & Serra, P. (2005). Estimando la demanda residencial por electricidad en Chile. El consumo es sensible al precio. *Cuadernos de Economía*. Vol 42. Mayo, 31-61.
- Bendezu, L. (2009). Estimación de la demanda residencial de electricidad en el Perú. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Valor, E., Climent, F., Meneu, V., & Caselles, V. (2002). El modelo español de consumo sectorial de electricidad. *Revista Española de Física*.

Rotemberg, J. y Woodford, M. (1996). Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity. *Journal of Money Credit and Banking* 28, 549-577.

Dotsey, M. y Reid, M. (1992). Oil Shocks, Monetary Policy, and Economic Activity. *Economic Review of the Federal Reserve Bank of Richmond* 78(4), 14-27.

Burbidge, J. y Harrison, A. (1984). Testing for the Effects of Oil-Prices Rises using Vector Autorregressions. *International Economic Review*, 25, 459-484.

Soytas, U. y Sari, Ramazan (2003). Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets. *Energy Economics* 25, 33-37.

Hamlet, Alan F.; Lee, Se- Yeun; Mickelson, Kristian E. B. Elsner, Marketa M. (2010). *Climatic Change* 102, 103:126.