



# *¿Cómo funciona el mercado de energía eléctrica?*

*Caracterización de la demanda de energía eléctrica en el sector residencial por estrato socioeconómico en Bogotá para el periodo comprendido entre 2005-2015*

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO PROGRAMA DE ECONOMÍA  
MARÍA FERNANDA SANDOVAL SÁNCHEZ  
TUTORA: IRMA BAQUERO Dr. Sc.  
20-NOVIEMBRE-2017

## Tabla de contenido

1. Resumen.....	3
1.1. Abstract.....	3
2. Introducción.....	4
3. Objetivos.....	5
3.1. Objetivo general .....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
4. Descripción del mercado.....	5
4.1. Oferta de energía eléctrica.....	6
4.2. Demanda de energía eléctrica.....	9
5. Funcionamiento de los subsidios cruzados de energía eléctrica.....	10
6. Efectos de la implementación.....	13
6.1. Efectos sobre el consumo de energía eléctrica.....	13
6.2. Efectos sobre el acceso de energía eléctrica.....	15
7. Marco teórico: caracterización de la demanda de energía.....	18
8. Marco metodológico.....	20
8.1. Descripción de variables.....	21
8.2. Calculo de la tarifa media de energía eléctrica.....	22
8.3. Calculo de la tarifa media de gas doméstico.....	23
8.4. Sobre el ingreso promedio de los hogares.....	23
8.5. Estimación de la demanda de energía por estrato.....	24
9. Resultados.....	26
9.1. Estrato 1.....	26
9.2. Estrato 2.....	27
9.3. Estrato 3.....	28
9.4. Estrato 4.....	29
9.5. Estrato 5.....	30
9.6. Estrato 6.....	31
9.7. Demanda residencial.....	32
9.8. Comparación de resultados.....	33
9.9. Interpretación económica de los resultados.....	34
10. Conclusiones.....	36
11. Referencias bibliográficas.....	38
12. Anexos.....	41

## *1. Resumen*

La estructura de precios de energía eléctrica en Colombia está formada a partir de un esquema de subsidios y contribuciones que varía respecto al estrato socioeconómico de los consumidores. En este trabajo se caracteriza la demanda de energía eléctrica en el sector residencial, con el fin de establecer las diferencias que sugieren el cálculo de las elasticidades precio e ingreso de la demanda en cada estrato y de esta manera analizar el impacto de la tarifa de energía eléctrica y el ingreso promedio de los hogares sobre la demanda de energía para Bogotá, usando los datos proporcionados por el Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) y el DANE. La función de demanda se estima empleando datos mensuales desde 2005 hasta 2015. Los resultados a los que se llega señalan que la elasticidad precio de la demanda de energía es menor en los estratos bajos de Bogotá (1,2 y 3).

### *1.1 Abstract*

The electric energy price structure in Colombia is formed from a scheme of subsidies and contributions that vary with the consumers' socioeconomic strata. In this work the demand for electric energy at the residential sector is characterized in order to establish the differences in price and income elasticities of demand for each strata and, in this way, to analyze the impact of electricity price and the average income of households on energy demand. We use data from the SUI and the DANE. The demand function is estimated using monthly data from 2005 to 2015. The results indicate that the price elasticities of energy demand is lower at the strata 1, 2 and 3 of Bogotá.

## 2. Introducción

La energía eléctrica es un servicio de primera necesidad para una sociedad, por tal razón los gobiernos han buscado herramientas y políticas que les permitan garantizar el acceso seguro a todos los miembros de una nación. Para el caso colombiano y más específicamente para el caso bogotano, la CREG estableció una estructura de subsidios y contribuciones, la cual consiste en realizar una redistribución parcial del ingreso, de tal manera que los estratos clasificados como aquellos de ingresos más altos, subsidian a aquellos estratos en los que sus recursos económicos no son suficientes. Esta estructura modifica las tarifas de energía que perciben los consumidores, y, por ende, afectan su comportamiento frente al consumo, razón que lleva a realizar preguntas tales como ¿en qué medida un cambio en la tarifa de energía eléctrica afecta los niveles de consumo de la misma? y posteriormente ¿qué consumidores son más sensibles a tales cambios, aquellos con ingresos altos o por el contrario los consumidores con menores recursos económicos?, estos cuestionamientos y otros, pueden surgir del análisis sobre el mercado de energía eléctrica residencial, demostrando la importancia de realizar una buena caracterización de la demanda en este mercado.

El mercado de energía eléctrica en Colombia es similar con el de otros países latinoamericanos, puesto que cuenta con una entidad reguladora y un solo ente encargado de comercializar la energía eléctrica en cada área geográfica del país, esto permite determinar con mayor facilidad el comportamiento de la función de demanda.

*“Actualmente la entidad encargada de regular los precios del mercado de energía eléctrica es la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), la cual define las tarifas principalmente en función de los costos de generación, transmisión, distribución y comercialización” (Pinzón, 2010.16)*

En este trabajo se busca entonces, realizar una correcta estimación de la demanda de energía eléctrica diferenciada por la estratificación bogotana, esto se realiza basado en un modelo econométrico donde la demanda es función del precio medio de la energía, el ingreso promedio de los hogares, y el precio del gas como bien relacionado, finalmente se evaluarán las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía con fines comparativos entre los estratos.

### *3. Objetivos*

#### *31. Objetivo general*

Identificar si las elasticidades ingreso y precio de la demanda de energía eléctrica son menores en los estratos uno (1), dos (2) y tres (3) de Bogotá en el período comprendido entre 2005-2015.

#### *31. Objetivos específicos*

- Calcular la tarifa media de energía eléctrica de los hogares por estrato socioeconómico, resaltando la implementación de subsidios y contribuciones, según corresponda.
- Describir el funcionamiento de los subsidios de energía eléctrica diferenciados por estrato socioeconómico en Bogotá para el periodo 2005-2015.
- Identificar el precio de las energías alternativas para el periodo de 2005-2015.
- Caracterizar la demanda de energía eléctrica en el sector residencial por estrato socioeconómico para el periodo 2005-2015.
- Calcular las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía eléctrica por estrato socioeconómico para el periodo 2005-2015.

### *4. Descripción del mercado*

El mercado de energía eléctrica en Colombia es un mercado competitivo creado por la reforma eléctrica (leyes 142 y 143 de 1994), en el cual participan los generadores, transmisores, distribuidores, comercializadores y por último los usuarios regulados y no regulados, es decir, aquellos que consumen altas cantidades de energía eléctrica (XM, 2017). Para permitir la estructura competitiva dentro del mercado se admite la participación de agentes públicos y privados, los cuales se encuentran en el Sistema Interconectado Nacional para energía mayorista. Con el fin de atender la estructura competitiva, los generadores y los comercializadores pueden optar por dos tipos de contratos para realizar los intercambios: a) Contratos bilaterales; b) Contratos futuros.

Los contratos bilaterales se caracterizan por estar fuera de un mercado organizado, donde el riesgo se administra entre ambas partes, es decir, que el precio de la electricidad se

estable en común acuerdo entre ambas partes; por otro lado, los contratos futuros son transacciones que se dan entre los comercializadores y lo usuarios (Escudero y Botero. 2006,56), que se caracterizan por pertenecer a un mercado organizado y regulado, donde el riesgo lo administra una cámara de contrapartida.

El ente regulador es la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), la cual se encarga de supervisar y atender todos los requerimientos que se presenten en el mercado.

#### 4.1. Oferta de energía eléctrica en Colombia

La principal forma de generación eléctrica en Colombia es la generación hidráulica, la cual representa a datos del 2015, el 70.41% de la energía total generada, es decir, 10.918,8 MW de capacidad instalada para todo el territorio nacional, el otro 29.59% de la generación corresponde a otras fuentes de energía que se muestran en la figura 1. (UPME, 2015). Dado que Colombia cuenta con siete (7) meses de invierno donde los niveles de los embalses se mantienen relativamente altos, y cinco (5) meses de verano que corresponden a la temporada seca del país donde sucede lo contrario, el precio de la energía aumenta y disminuye respectivamente. Esto hace que la generación eléctrica en el país dependa en gran medida de las condiciones climáticas que se presenten durante un año y por ende el precio en bolsa por Kwh varié constantemente.

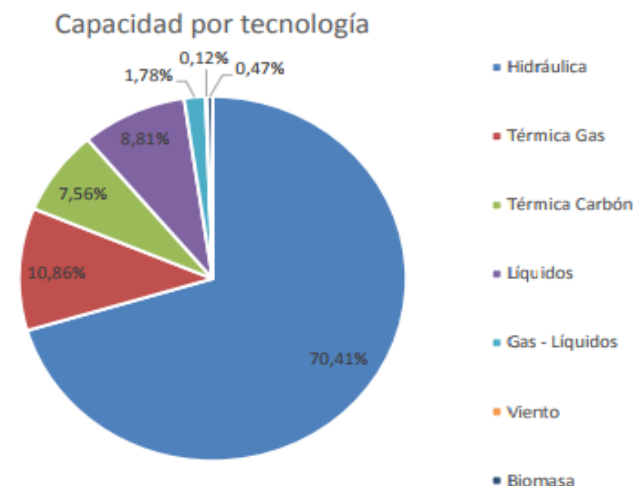


Figura 1: Capacidad total instalada  
Fuente de datos: Sistema de información de XM  
Fuente de gráfica: UPME (2015)

La necesidad de contar con un sistema que pueda soportar los niveles de demanda en condiciones climáticas de sequía, como el caso del fenómeno de El Niño, impulsó en 2006 la implementación del cargo por confiabilidad con el fin de garantizar sostenibilidad energética y evitar posibles racionamientos de energía.

*“El cargo por confiabilidad consiste en esquema de remuneración, a través de la estabilización de los ingresos del generador, que permite hacer viable la inversión en los recursos de generación necesarios para atender la demanda de manera eficiente en condiciones críticas de abastecimiento hídrico”.* (CREG, 2016,1). En primera instancia se estableció una aplicación ininterrumpida del Cargo por Capacidad durante diez años, el cual consistía en un mecanismo de remuneración para la capacidad de generación, que garantizaba un ingreso fijo anual por megavatio instalado, a un precio definido por el regulador, sin embargo no existía una obligación concreta de los generadores, asociada a esta remuneración, posteriormente la CREG diseñó un nuevo esquema basado en un mecanismo de mercado denominado Cargo por Confiabilidad, que opera desde el primero de diciembre de 2006.(CREG,2017)

Posterior a la generación, toma lugar la actividad de transmisión, la cual consiste en el transporte de altos niveles de voltaje a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN), (Rendón, Gaviria y Salazar, 2011, 231), formando así un monopolio natural, en donde el estado es el encargado de supervisar el acceso a las redes por parte de cualquier usuario, comercializador o generador que desee entrar. El SIN contribuye al buen funcionamiento del mercado, dado que permite al generador tener acceso a la demanda y viceversa. También representa *“beneficios adicionales al poder optimizar la capacidad de generación de reserva para cubrir cualquier externalidad que se presente ante eventos en el campo de generación”* (Gaviria y Salazar, 2011,231).

Finalizado el proceso de transmisión inicia la fase de distribución, en este punto se transforman los altos niveles de tensión para ser llevados a los consumidores o usuarios finales mediante el Sistema de Transmisión Regional (STR) o el Sistema de Transmisión local (STL) (Gaviria y Salazar, 2011,231), similar al caso de la transmisión, la fase de distribución está conformado por un monopolio natural, donde el estado es el encargado de vigilar la calidad de este servicio.

Finalmente, en la fase de comercialización se da la compra y venta de electricidad en el Mercado de Energía Mayorista (MEM), este proceso se da entre los comercializadores y los usuarios finales, esta característica permite establecer dos tipos de estructuras para los intercambios; la primera es llamada el mercado regulado, dentro de esta modalidad se realizan los contratos futuros a través de la bolsa de energía, por ende estos contratos se dan entre el comercializador y los usuarios regulados; la segunda estructura es llamada el mercado no regulado, este tipo de mercado se da entre los usuarios no regulados y los comercializadores, esta forma de contrato surge como consecuencia de que los usuarios no regulados son aquellos que demandan fuertes cantidades de energía, y por ende, tienen la potestad de seleccionar su proveedor de energía estableciendo precios y cantidades de competencia para un periodo específico. Estas características permiten establecer que esta fase cuenta con una estructura competitiva, donde el estado se encarga únicamente de evitar la concentración del poder de mercado. (Gaviria y Salazar, 2011.231).

Para el caso descrito en este trabajo, se usa la estructura del mercado regulado, dado que la demanda residencial es considerada como usuarios regulados, puesto que no pueden contratar directamente su energía, sino que son atendidos a través de un comercializador que los represente en el mercado.



## 4.2. Demanda de energía eléctrica en Colombia

La demanda de energía eléctrica anual se encuentra en continuo crecimiento. Con excepción de la tasa de crecimiento negativa que se presentó en 2016, las tasas de crecimiento de los últimos años han sido positivas y estables. En 2005 se registró un crecimiento promedio anual del 4,10%. En 2015 la demanda del país ascendió a 66.115 GWh, registrando un crecimiento del 4,2%. (XM, 2017)

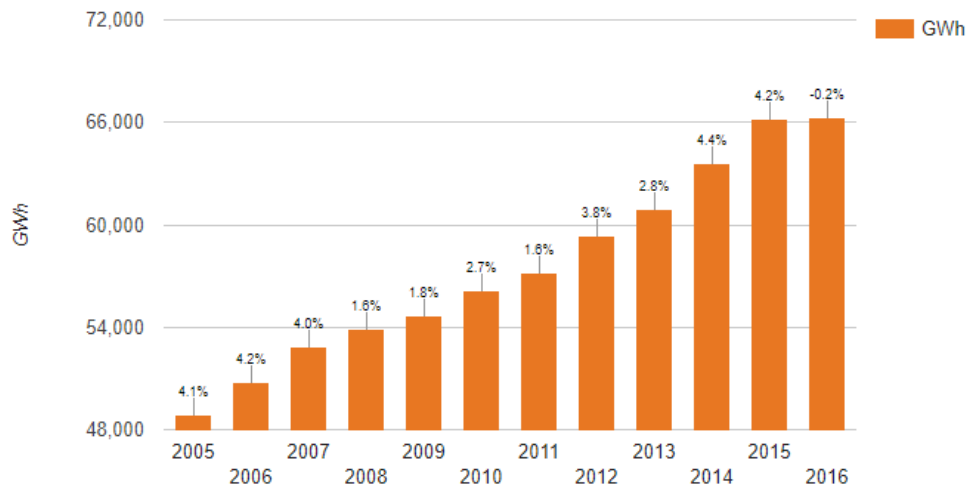


Figura 2: Comportamiento anual de la demanda de energía eléctrica en Colombia  
Fuente de la gráfica: Sistema de información de XM (2017)

El crecimiento negativo de la demanda de energía en Colombia en el año 2016, puede corresponder a que se vio impactada durante el primer trimestre del año por las altas temperaturas ocasionadas por el fenómeno de El Niño. Otro aspecto importante en el comportamiento de la demanda de energía durante el año 2016, está relacionado con la aplicación de la resolución CREG 029 de 2016 “*Por la cual se define un esquema de tarifas diferenciales para establecer los costos de prestación del servicio de energía eléctrica a usuarios regulados en el SIN para promover el ahorro voluntario de energía*”. La cual fue difundida a través de la campaña denominada “*Ahorrar paga*”, impulsada por el gobierno nacional, la cual; derivó en un cambio de hábitos por parte de los usuarios regulados, generando así una disminución en la demanda de energía. (UPME, 2010)

Al establecer una comparación entre la economía y la demanda de energía eléctrica, es posible observar que el comportamiento de la demanda de energía eléctrica se encuentra estrechamente relacionado con el PIB, lo cual establece la importancia de la electricidad como insumo productivo, en la figura 2, se establece la relación entre el comportamiento trimestral del PIB y la demanda de energía eléctrica para el periodo comprendido entre marzo de 1995 y marzo de 2015

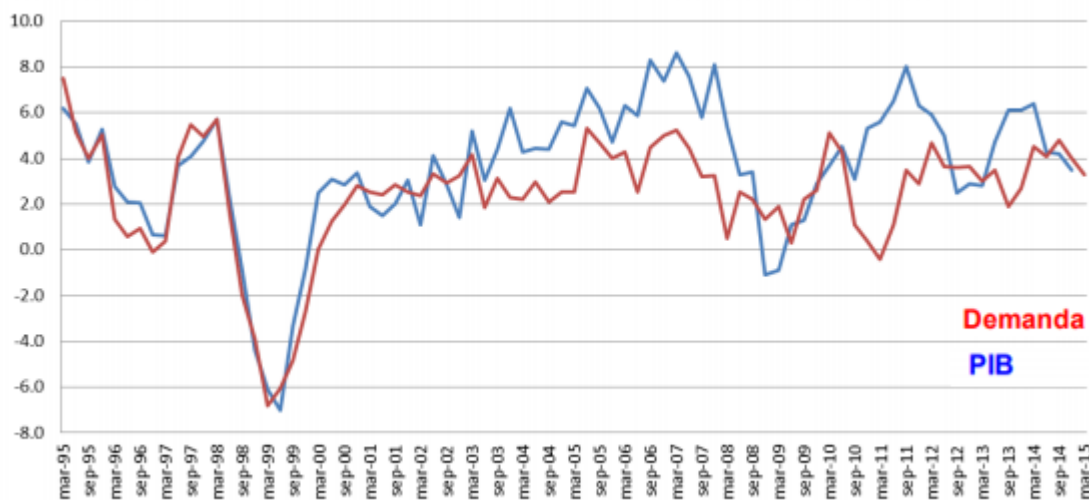


Figura 3: Capacidad total instalada  
Fuente de la gráfica: Sistema de información de XM (2015)

Desde los inicios del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica en 1995, se observa una alta correlación entre ambas variables hasta el primer trimestre de 2003. Posteriormente, una dispersión de hasta el 2008. Sin embargo, a partir del año 2009 se vuelve a presentar un vínculo entre el PIB y la demanda de energía, con la salvedad de que la segunda se encuentra trasladada a la derecha con unos meses de diferencia. (UPME, 2010)

### 5. *Funcionamiento de los subsidios cruzados de energía eléctrica*

La estratificación es el procedimiento mediante el cual se establecen; zonas diferenciables entre sí de acuerdo al hábitat, el ambiente, el paisaje urbano, el prestigio social y la calidad de vida residencial que ofrecen a sus moradores, entendiendo por calidad de vida el conjunto de condiciones económicas, sociales y culturales inherentes (DANE, 2016).

En el siguiente grafico se puede observar cómo están distribuidos los criterios de estratificación en el territorio bogotano.

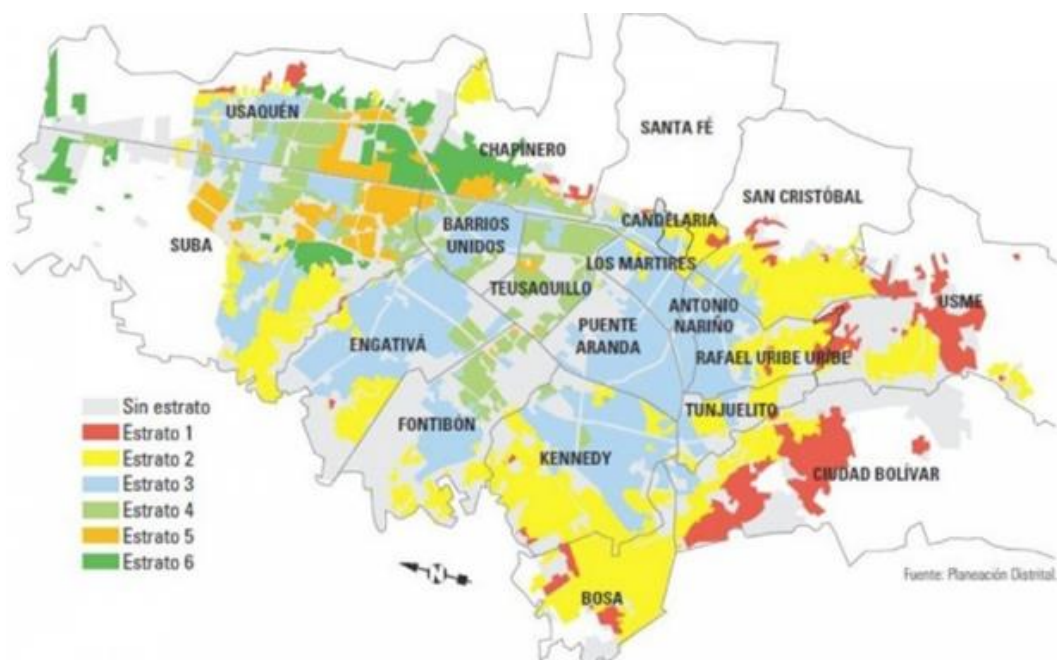


Figura 4: Distribución territorial de la estratificación en Bogotá  
Fuente de la gráfica: Decreto 291 de 2013

La estratificación en Colombia comprende aspectos correspondientes a la vivienda, entorno urbano y conexión urbanística y están organizados de la siguiente forma:

FACTORES	VARIABLES	UNIDAD DE OBSERVACIÓN	UNIDAD DE ANÁLISIS
Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamaño de antejardín.</li> <li>Tipo de garaje.</li> <li>Diversidad de fachada.</li> <li>Tipo de puerta.</li> </ul>	Lado de manzana	Lado de manzana o manzana
Entorno urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de vías.</li> <li>Tipo de andenes.</li> <li>Focos de afectación.</li> </ul>		
Contexto urbanístico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zona de ubicación.</li> </ul>		

Figura 5: Criterios de estratificación en Bogotá  
Fuente de la gráfica: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

La constitución de 1991 permitió la participación del sector privado en los servicios públicos, esto con el fin de suministrar a toda la población el acceso oportuno y eficiente a los servicios básicos, más adelante la Ley 142 de 1994 fijó los descuentos por régimen tarifario con el fin de realizar una redistribución de la riqueza, donde los usuarios residenciales de mayores ingresos entregarían una contribución solidaria a los usuarios con menores ingresos, este mecanismo lo realiza por medio de la herramienta de la estratificación. (Meléndez, 2008, p.6).

Posteriormente en la Ley 812 de 2003 (Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006 “Hacia un Estado Comunitario”), modificó la política de subsidios, y estableció que los subsidios otorgados a los hogares que pertenecen a los estratos 1 y 2 aumentarían en igual proporción al Índice de Precios al Consumidor (IPC), política que entraría en vigencia entre los años 2004 y 2006, la Ley 1117 de 2006 extendió esta regla tarifaria para los estratos 1 y 2 hasta diciembre de 2010, fijando esta vez un tope de 60% y 50% al subsidio a la tarifa de los estratos 1 y 2 respectivamente. (Meléndez, 2008, p. 8).

Actualmente los subsidios están distribuidos de la siguiente forma: Estrato 1: 50%, Estrato 2: 40%, y Estrato 3:15%. (Teniendo en cuenta el consumo mínimo de subsistencia que es de 130 Kwh).



Figura 6: Monto anual de subsidios y/o contribuciones de energía en Bogotá  
Fuente de la gráfica: Sistema de información de XM

El estrato 4 no cuenta con subsidio y a los estratos 5 y 6 se les factura una contribución del 20% sobre el consumo total. (Pinzón, 2010), dicha redistribución está fundamentada en que existe una supuesta correlación entre el nivel de ingresos y el nivel de consumo.

### *6. Efectos de la implementación de los subsidios cruzados sobre el acceso y el consumo de energía eléctrica en el sector residencial*

La metodología que se utiliza es una comparación entre los niveles de consumo y acceso de energía eléctrica, antes y después de la implementación del régimen subsidiado de servicios públicos, en este aspecto se analiza el comportamiento para el periodo comprendido de 1991 a 2016, haciendo uso de los datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) y de la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG).

Es importante resaltar que los siguientes cálculos son elaboración propia y sus resultados son interpretados por el autor.

#### *6.1 Efectos sobre el consumo de energía eléctrica*

Antes de la implementación del régimen de subsidios y contribuciones en el sistema de servicios públicos colombiano, el consumo de energía eléctrica (medido en Kilovatio hora), se comportaba como se muestra en la figura 7. (Anexo I).

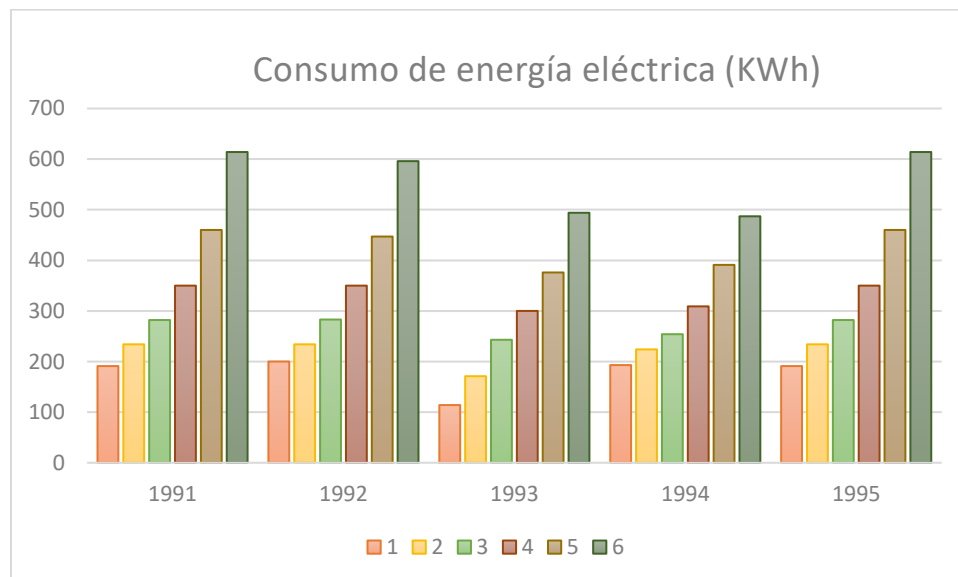


Figura 7: Bogotá: Consumo de energía eléctrica por estrato (kWh/año/hogar)  
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos CREG

Analizando el gráfico, se puede observar que el consumo de la energía no tiene una tendencia creciente o decreciente, más bien, tiene un comportamiento irregular para cada estrato, esto puede deberse a la fuerte variación de los precios de la energía antes del cambio estructural establecido en la Ley 142, o a la crisis energética que sufrió el territorio colombiano en 1992 (provocada por el fenómeno de El Niño). (Parra, 2011).

Después de la inclusión del régimen de subsidios que entró en vigencia el primero de enero de 1995 y de todas las modificaciones que tuvieron repercusiones hasta 2005. (Meléndez, 2008, p.6) el nivel de consumo de energía eléctrica, empezó a comportarse como se muestra en la figura 8. (Anexo II).

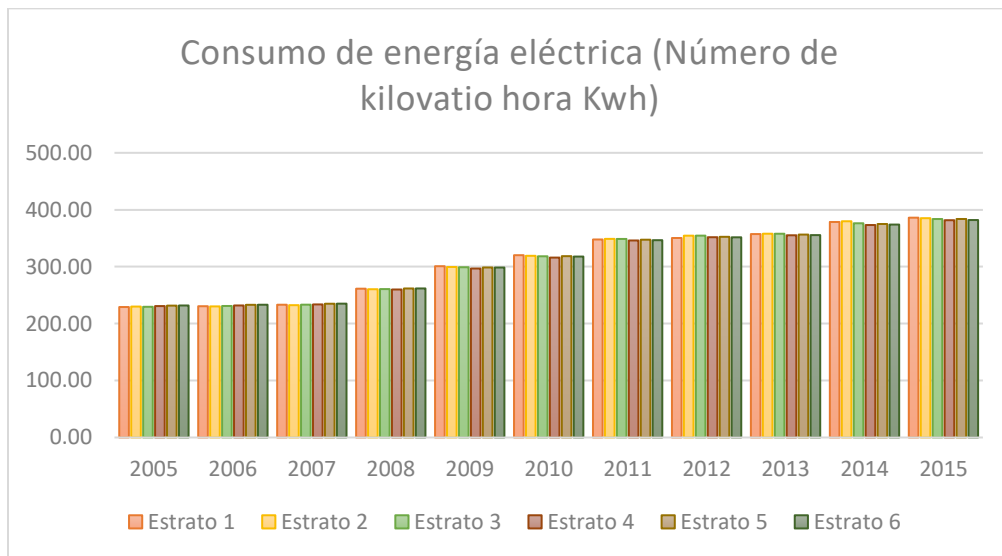


Figura 8: Consumo de energía eléctrica (kWh)/hogar  
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos SUI

En el gráfico, se puede observar que el consumo de energía eléctrica tomo una tendencia creciente para todos los estratos, pasando de un consumo total promedio en 2005 de 230.5 kWh a 383.7 kWh por hogar en 2015, es decir que, en diez años transcurridos desde la última modificación en los subsidios a los servicios públicos, se presentó un aumento de aproximadamente el 66% del consumo total de energía eléctrica residencial en Bogotá.

Otro detalle importante dentro del análisis gráfico, es que a diferencia del periodo comprendido entre 1991 y 1995 los estratos no presentan diferencias sustanciales entre sí,

es decir, que los niveles de consumo para los años estudiados son relativamente cercanos en los seis estratos, evidenciando así el principio de equidad que buscaba implementar la nueva estructura tarifaria de 1994.

### 6.1 Efectos sobre el acceso de energía eléctrica

Antes de la implementación del régimen de subsidios y contribuciones en el sistema de servicios públicos colombiano, el acceso al servicio de energía eléctrica (medido en número de nuevos suscriptores por año), se comportaba como se observa en la figura 9. (Anexo III).

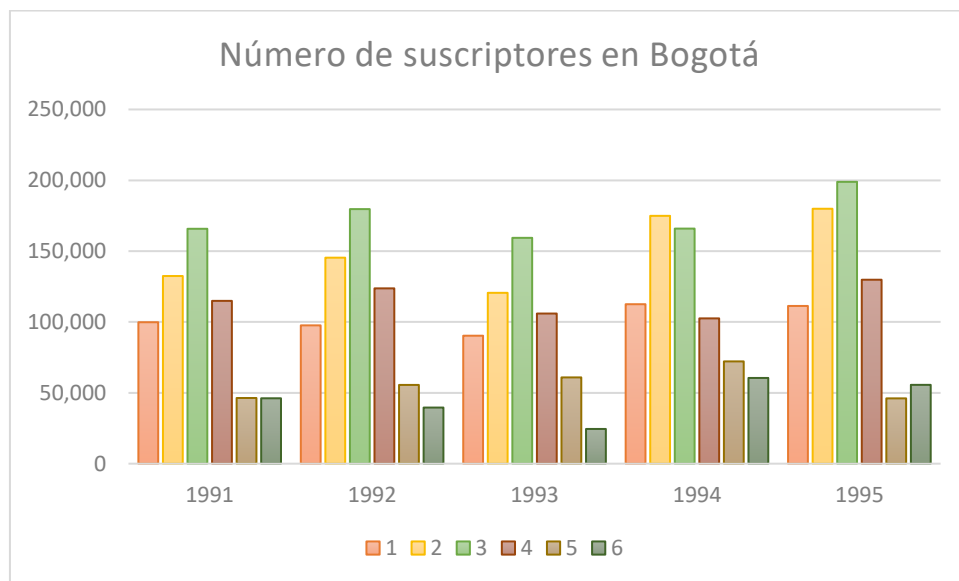


Figura 9: Número de suscriptores en Bogotá  
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos SUI

No se evidencia en el gráfico ningún comportamiento tendencial creciente para ninguno de los estratos, es decir, que el número de nuevos suscriptores varía no solo con la situación energética del país, sino que también se ve influenciada por otros aspectos económicos relevantes, como lo son el PIB per cápita, el nivel de ingreso promedio y en ocasiones el nivel de empleo. (Foster, 2005)

En 2005 el número de nuevos suscriptores al servicio de energía incrementó drásticamente, este comportamiento es fácilmente observable en la figura 10. (Anexo IV).

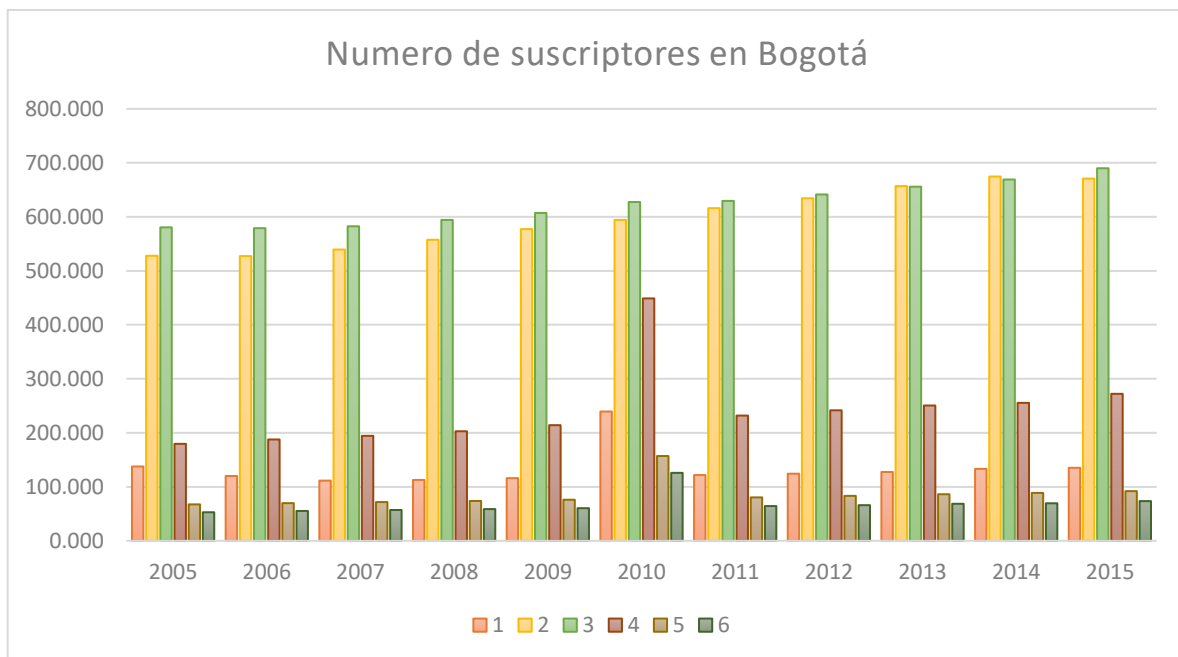


Figura 10: Número de suscriptores en Bogotá  
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos SUI

Del gráfico anterior, cabe denotar el creciente aumento en el nivel de acceso en los estratos uno y dos; esto se debe a la implementación de la nueva estructura tarifaria de los servicios, esto es claramente visible puesto que ante un menor precio de la energía existen mayores posibilidades de accesibilidad al servicio, razón por la cual, estos estratos son los mayores beneficiarios. (Foster, 2005). Para el caso del estrato uno es diferente, porque su nivel de ingreso es muy bajo y pese al subsidio otorgado no cuenta con los recursos suficientes para acceder a este servicio, y por ende, su nivel de crecimiento en términos del número de nuevo de suscriptores no sube en la misma proporción que para los estratos dos y tres.

Para el caso del estrato cuatro se observa que el nivel de acceso permanece relativamente constante para los periodos estudiados, caso contrario, ocurre con los estratos cinco y seis, pues el número de suscriptores continua siendo relativamente bajo, en este caso es preciso hacer una aclaración, pues en Bogotá los barrios correspondientes a los estratos cinco y seis cuentan en su mayoría con acceso a energía eléctrica y por ende no han tenido un incremento sustancial en el último decenio. (cf. Foster, 2005).



Por último se estudia otro indicador de acceso, este es la cobertura de energía eléctrica (medido en porcentaje), establecido para el total de Bogotá. (Anexo V).

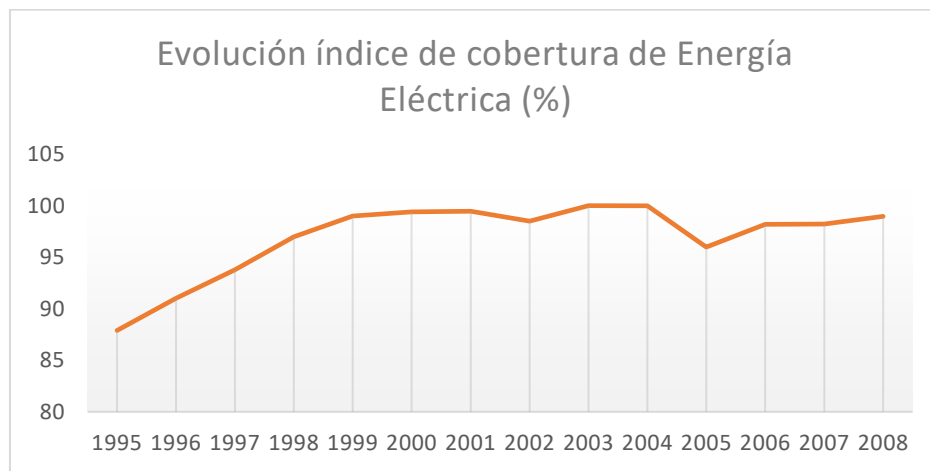


Figura 11: Evolución del índice de cobertura de energía eléctrica  
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos CREG

El comportamiento creciente del gráfico evidencia el aumento progresivo del acceso de servicio de energía eléctrica en los hogares bogotanos desde la implementación de los subsidios y las contribuciones de 1994.

Con base en lo anterior es posible denotar que el nivel de consumo de energía eléctrica incrementó desde la implementación del régimen subsidiado en un 66% aproximadamente, y pasó a ser una estructura aparentemente más equitativa en la distribución de los recursos, pues desde 2005 se puede observar un consumo por hogar relativamente similar para todos los estratos de Bogotá.

Por otro lado el nivel de acceso al servicio de energía eléctrica aumentó significativamente en Bogotá, siendo los principales beneficiados los estratos dos y tres, esto representa un avance importante en las metas de reducción de pobreza del país, pues un aspecto significativo en la superación de la pobreza de una nación, es el nivel de acceso de los servicios públicos, el cual para Bogotá, está en aproximadamente el 98% de cobertura para toda la población.

## 7. Marco Teórico: Caracterización de la demanda de energía

El presente trabajo analiza la demanda de energía eléctrica en el sector residencial en Colombia por estrato socioeconómico. En este sentido, es preciso aclarar la teoría económica que se encuentra detrás de este concepto. Para empezar, existen diferentes enfoques económicos que caracterizan la demanda de energía eléctrica, entre los cuales se resaltan importantes trabajos como los de Fisher y Kaysen (1962), Houthakker y Taylor (1970), Taylor (1975) y finalmente Berndt y Samaniego (1984), dichos autores sugieren cuatro modelos determinantes para establecer esta relación. Para el caso colombiano se encuentra la propuesta metodológica de Medina y Morales (2007), que describe un modelo de demanda por servicios públicos en Colombia, la cual es basada en algunos de los trabajos anteriormente mencionados, evaluando el caso específico de los bloques de precios. A continuación se analiza cada modelo por separado, para luego establecer las conexiones entre las teorías.

El modelo de Fisher y Kaysen (1962) establece una diferenciación entre la demanda de energía eléctrica en el corto y el largo plazo, la primera consiste en la elección de una tasa de utilización de los bienes de capital (activos) que consumen energía eléctrica; y la segunda es una elección de la cantidad de dichos bienes de capital. A lo largo del artículo, los autores establecen que la demanda de corto plazo es la más indicada para este tipo de estimaciones, por tanto llegan a la siguiente función  $\ln(D_t) = C + \alpha \ln(p_t) + \beta \ln(y_t) + \ln(w_t) + \varepsilon$ , donde  $D_t$  es la cantidad de energía eléctrica consumida por los hogares,  $p_t$  el precio promedio de energía eléctrica medida en kilovatios por hora (Kwh),  $y_t$  el ingreso promedio per cápita de los hogares y  $w_t$  la suma del stock de elementos que consumen energía eléctrica.

El trabajo de Houthakker y Taylor (1970) define la demanda residencial de energía eléctrica en forma similar al modelo de Fisher y Kaysen (1962), pues considera una función de demanda log-log en la que intervienen variables como el precio de la energía y el ingreso promedio de los hogares, sin embargo establece nuevas contribuciones para la estimación, como el promedio de equipos de alto consumo de energía eléctrica y el precio marginal del gas para consumo doméstico, el cual es considerado un bien sustituto.

El modelo de Taylor (1975), distingue entre la demanda residencial de electricidad en el corto y en el largo plazo, tal como se hace en el modelo de Fisher y Kaysen (1962), pues considera que el corto plazo es determinado por la tasa de uso de los equipos electrónicos, y el largo plazo es definido por el cambio en el consumo energético causado por nuevas tecnologías que generen un menor gasto de kilo vatios por hora (Kwh). Su metodología establece funciones descritas de la siguiente forma:

En el corto plazo, el consumo de electricidad está definido como  $q = u(x, \pi, z)s$ , donde  $u$  es la tasa de uso de la potencia ( $s$ ), medida en vatios [ $W$ ],  $x$  es el nivel de ingresos,  $\pi$  es el precio de la energía eléctrica y  $z$  son otros factores influyentes, provenientes de aspectos económicos sociales y demográficos, por tanto la función correspondiente sería  $q = (\alpha_0 + \alpha_1 \ln(x) + \alpha_2 \ln(\pi) + \alpha_3 \ln(z))s$ .

En el largo plazo el stock deseado de activos que consumen energía eléctrica está determinado por  $\hat{s} = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 \pi + \beta_3 (r + \delta)p + \beta_4 z$ , en la cual  $x, \pi$  y  $z$  ya están definidas y  $r, \delta$  y  $p$  son la tasa de interés del mercado, la tasa de depreciación del capital que consume energía eléctrica y el precio por vatio de adición, respectivamente.

El modelo de Berndt y Samaniego (1984), se basa en la teoría económica neoclásica que establece que la demanda de consumo está determinada por la función de precios, el ingreso y otras variables socioeconómicas; este trabajo propone un modelo log-log para la demanda de energía eléctrica, formulado de la siguiente manera  $\ln E_t^* = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln(p_{it}) + \beta_y \ln(y_t)$ , donde  $p_{it}$  es el precio de la energía eléctrica en el periodo  $t$ ,  $(y_t)$  es el gasto total en energía eléctrica y  $\beta_i$  es la elasticidad precio de la demanda.

Por último se encuentra la propuesta metodológica de Medina y Morales (2007), la cual establece una estructura de precios por bloques, este tipo de estructura se caracteriza por ser no lineal, debido a la fijación de precios marginales diferentes, según sea el rango de consumo (definición establecida dentro del mismo artículo), teniendo esto, se establece el modelo de demanda energética de la siguiente forma  $\ln(W_b) = Z_\gamma + \alpha \ln(p_b) + \beta \ln(y_n) + n + \varepsilon$ , donde  $W_b$  es el consumo residencial observado en dinero de energía eléctrica,  $Z_\gamma$  son las variables exógenas que pueden determinar el consumo,  $p_b$  es el

precio marginal de la electricidad para este caso en bloques de precios,  $y_n$  es el ingreso del hogar y por ultimo  $n$  y  $\varepsilon$  son los términos de error

En los modelos mencionados anteriormente se puede observar varias similitudes en términos del objetivo, la metodología y los resultados; en cuanto al objetivo es posible establecer que todas las teorías buscan realizar la mejor caracterización de la energía eléctrica en el sector residencial, haciendo uso de variables semejantes como lo son el precio de la energía eléctrica y el ingreso de los hogares, así mismo plantean sus hipótesis sobre un modelo log-log, con el fin de corregir problemas de heterocedasticidad y estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía, en cuanto a los resultados de los trabajos se encuentra que el estudio de significancia de sus respectivas variables es positivo, es decir, que las variables analizadas en cada modelo resultan ser estadísticamente significativas, adicionalmente se establece a partir de diferentes metodologías como mínimos cuadrados ordinarios, modelos VAR y bloques de precios que el ingreso de los hogares tiene una relación positiva con la demanda de energía eléctrica en el sector residencial y el precio de la energía eléctrica tiene un efecto negativo sobre dicha demanda.

## **8. Marco Metodológico**

Para la estimación del presente trabajo investigativo, se utilizaran los datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) el cual contiene los datos mensuales de forma desagregada por estrato socioeconómico y ubicación geográfica; adicionalmente la información correspondiente a los ingresos de los hogares fue tomada del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), los datos serán recolectados de forma mensual para el periodo de 2005-2015, conformando así un panel de datos.

La metodología consiste en la estimación de la demanda de energía eléctrica en cada estrato socioeconómico de Bogotá, haciendo uso del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y corrigiendo heterocedasticidad y autocorrelación por el método de White, las variables que se tendrán en cuenta para este estudio consisten en el precio de la energía eléctrica (considerando que este tiene un comportamiento de bloques de precios),

el ingreso de los hogares y el precio de las energías alternas. El modelo para caracterizar la demanda en cada estrato es  $Ln(D_t) = C + \alpha Ln(p_t) + \beta Ln(y_t) + Ln(P_G) + \varepsilon$

$D_t$  es la cantidad de energía eléctrica consumida por los hogares,  $p_t$  el precio promedio de energía eléctrica medida en kilovatios por hora (Kwh),  $y_t$  el ingreso promedio per cápita de los hogares y  $P_G$  es el precio promedio del gas residencial, se plantea un modelo log-log con el fin de corregir problemas de heterocedasticidad y estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía.

Adicionalmente las variables del ingreso, el precio de la energía y el precio del gas se trabajaran en términos reales, utilizando para esto el IPC total anual.

Por último se estiman las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía con el fin de evaluar el impacto de estas variables sobre la demanda y observar el comportamiento de dichas elasticidades para cada estrato socioeconómico.

### 8.1 Descripción de variables

Variable Dependiente	
Demanda de energía ( $D_t$ )	Corresponde al consumo promedio de un usuario en el periodo reportado
Variables Independientes	
Ingreso real promedio por hogar $y_t$	Corresponde al valor en \$COP de los ingresos laborales netos mensuales por hogar
Para el cálculo de la tarifa media de energía eléctrica	
Valor facturado por unidad	Corresponde al costo nominal en \$COP de un kWh consumido por hogar
Subsidio/contribucion	Corresponde al valor nominal facturado en pesos debido al subsidio o contribución, total por estrato
Número de suscriptores	Corresponde al conteo de los diferentes NUID (número único de identificación del domicilio) asignados por la empresa. Se calcula al mayor nivel de desagregación.
Tarifa media real de energía eléctrica ( $p_t$ )	Tarifa que se calcula con elaboración propia, con el fin de establecer un precio medio que incluya los niveles de consumo y de subsidios o contribuciones, según corresponda. Finalmente se transformara a terminos reales

Para el cálculo de la tarifa media de Gas Natural Doméstico	
Valor facturado por unidad	Corresponde al costo nominal en \$COP de un metro cubico consumido por hogar
Subsidio/contribucion	Corresponde al valor nominal facturado en pesos debido al subsidio del gas o contribución, total por estrato
Número de suscriptores	Corresponde al conteo de los diferentes NUID (número único de identificación del domicilio) asignados por la empresa. Se calcula al mayor nivel de desagregación.
Tarifa media real de gas domestico ( $P_G$ )	Tarifa que se calcula con elaboracion propia, con el fin de establecer un precio medio que incluya los niveles de consumo y de subsidios o contribuciones, según corresponda. Finalmente se transformara a terminos reales

## 8.2 Cálculo de la tarifa media de energía eléctrica

Para efectos del presente trabajo se calculó una tarifa media por kWh consumido, como precio de la energía eléctrica, con el fin de establecer un precio que incluya los subsidios y contribuciones que perciben los usuarios en cada uno de los diferentes estratos, Adicionalmente se debe considerar las distorsiones que se generan debido al consumo mínimo vital, que actualmente corresponde a 130 kWh. La fórmula difiere entre los diferentes estratos y se plantea como se muestra a continuación

- Para los estratos uno (1), dos (2) y tres (3)

$$p_t = \frac{(\text{valor por unidad} * \text{promedio de consumo}) - \left( \frac{\text{Subsidios}}{\text{número de suscriptores}} \right)}{\text{promedio de consumo}}$$

- Para el estrato cuatro (4), la tarifa media corresponderá al mismo valor facturado por unidad, tomado del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI).

- Para los estratos cinco (5) y seis (6)

$$p_t = \frac{(valor\ por\ unidad * promedio\ de\ consumo) + \left(\frac{Contribuciones}{número\ de\ suscriptores}\right)}{promedio\ de\ consumo}$$

### 8.3 Cálculo de la tarifa media de gas doméstico

Así como fue necesario el cálculo de una tarifa media de energía, también es necesario realizar el mismo procedimiento para el precio del gas, pues presenta la misma estructura de bloques de precios, es decir, está configurada por los subsidios cruzados, esta fórmula difiere entre los diferentes estratos y se plantea como se muestra a continuación

- Para los estratos uno (1), dos (2) y tres (3)

$$P_G = \frac{(valor\ por\ unidad * promedio\ de\ consumo) - \left(\frac{Subsidios}{número\ de\ suscriptores}\right)}{promedio\ de\ consumo\ de\ gas}$$

- Para el estrato cuatro (4), la tarifa media corresponderá al mismo valor facturado por unidad, tomado del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI).

- Para los estratos cinco (5) y seis (6)

$$P_G = \frac{(valor\ por\ unidad * promedio\ de\ consumo) + \left(\frac{Contribuciones}{número\ de\ suscriptores}\right)}{promedio\ de\ consumo}$$

### 8.4. Sobre el ingreso promedio de los hogares

Los ingresos promedios de los hogares para los estratos 1, 2, 3, 4,5 y 6 fueron calculados a partir de la Gran Encuesta Integrada de Hogares, mediante la unión del capítulo A (Área -características generales) y el capítulo C (Cabecera – Ocupados), este procedimiento se realizó para todos los meses en los diferentes años desde el 2005 hasta el 2015, posterior a esto se sacó la media de los ingresos por estrato para cada mes, haciendo uso del factor

de expansión el cual representa el peso de cada individuo dentro de la encuesta. La evolución de los resultados se puede observar en la figura 12

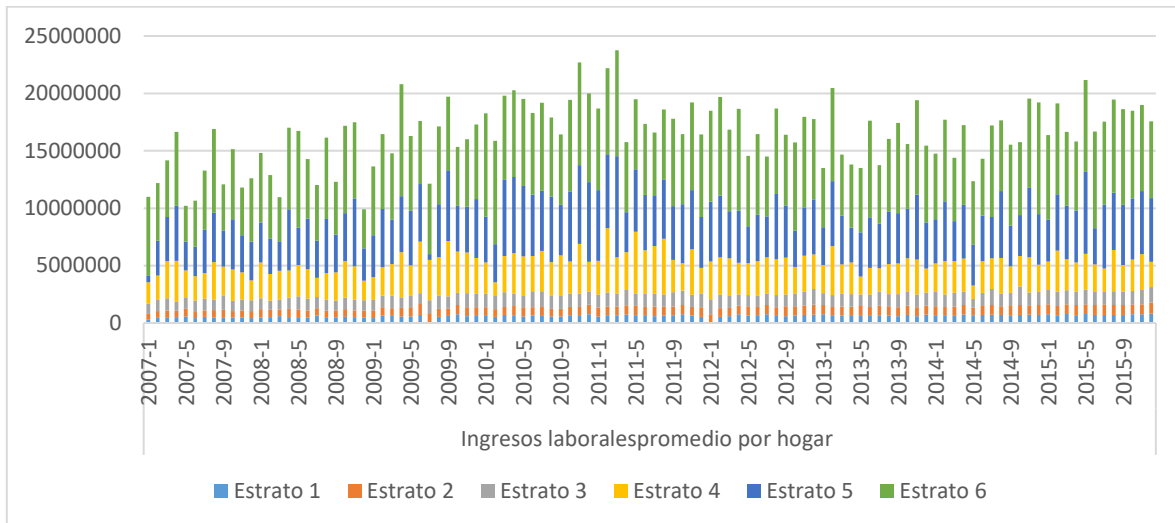


Figura 12: Evolución del ingreso neto por hogar  
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos SUI

En el gráfico se puede observar que el comportamiento del ingreso por hogar no es creciente para el periodo estudiado y no tiene ninguna tendencia o estacionalidad que deba ser corregida, adicionalmente sugiere empíricamente que el ingreso promedio es efectivamente más alto para los estratos cuatro (4), cinco (5) y seis (6), lo cual está en concordancia con los resultados que se van a exponer más adelante en este estudio.

### 8.5. Estimación de la demanda de energía eléctrica por estrato

Para realizar esa estimación se usa el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con corrección de heterocedasticidad y autocorrelación por el método de White, empleando el siguiente modelo  $\ln(D_t) = C + \alpha \ln(p_t) + \beta \ln(y_t) + \ln(P_G) + \varepsilon$ , todas las variables están en términos reales

Las variables finales del modelo, están definidas de la siguiente manera:

$D_t$  = Cantidad de energía eléctrica consumida por los hogares



$p_t$  = Precio promedio de energía eléctrica medida en kilovatios por hora (Kwh)

$y_t$  = Ingreso promedio per cápita de los hogares

$P_G$  = Precio promedio del gas residencial,

Se plantea un modelo log-log debido a que las variables independientes no tienen una relación lineal con la demanda de energía, y por ende la transformación logarítmica generará la linealidad deseada entre los parámetros, haciéndolos comparables y evitando algunas distorsiones que se pueden presentar en caso de estimar un modelo nivel-nivel. Como valor agregado de esta estimación, el modelo planteado permite revisar las elasticidades precio e ingreso de la demanda mediante los coeficientes resultantes de la estimación, lo cual representa la verdadera utilidad metodológica de este estudio.

Para la caracterización de la demanda residencial en cada estrato, fue necesario corregir la estacionalidad por el método de las variables Dummy para la variable correspondiente al precio promedio de energía eléctrica ( $p_t$ ).

El comportamiento estacional del precio de la energía eléctrica es consecuencia de la inestabilidad en la oferta como causa de la dependencia de la generación hídrica, y tal como se describió en el numeral encargado de la oferta de energía, el ambiente climático del país es una gran fuente de variabilidad en los precios de energía, y por ende, causante de estacionalidad.

Lo mismo sucede con el precio del gas, pues dado que este también es un insumo dentro de la generación de energía, tal como sucede en el caso de las termoeléctricas, por ende los precios que percibe el mercado residencial resultan afectados por la estacionalidad.

## 9. Resultados

Para cada estrato socioeconómico se utilizó su respectiva base de datos donde se ejecutaron varias pruebas para lograr los mejores ajustes del modelo propuesto (Anexo VI)

### 9.1. Estrato 1

```
. reg lnconsumolsa lnpreciosenergiareales1sa lnpreciogasreal1sa ln ingresosreales1sa, r
```

```
Linear regression                Number of obs   =       131
                                F(3, 127)       =       29.29
                                Prob > F             =       0.0000
                                R-squared            =       0.4185
                                Root MSE         =       .05157
```

lnconsumolsa	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnpreciosenergiareales1sa	-.1247838	.0353169	4.33	0.000	.0830647	.2228361
lnpreciogasreal1sa	.0365611	.0126552	2.89	0.005	.0115187	.0616035
ln ingresosreales1sa	.1529504	.043027	-2.90	0.004	-.2099264	-.0396412
_cons	4.498476	.158255	28.43	0.000	4.185317	4.811634

La estimación de la demanda para el estrato uno (1), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 4.4984 - 0.1247\ln(p_t) + 0.0365\ln(y_t) + 0.1529(P_G),$$

(0.1582)      (0.0353)      (0.0430)      (0.01265)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.12, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.12 por ciento (0.12%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.03, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.03 por ciento (0.03%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 1 se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica

Por último, las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

## 9.2. Estrato 2

```
. reg lnconsumo2sa lnpreciogasrea2sa lningresosreales2sa lnpreciosenergiareales2saa, r
```

Linear regression

Number of obs	=	132
F(3, 128)	=	3.97
Prob > F	=	0.0097
R-squared	=	0.4933
Root MSE	=	.04136

lnconsumo2sa	Robust					[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.	t	P> t			
lnpreciogasrea2sa	-.037705	.0188949	-2.00	0.048	-.0750918	-.0003181	
lningresosreales2sa	.0296673	.0130288	2.28	0.024	.0038876	.055447	
lnpreciosenergiareales2saa	-.1368289	.0671954	-2.04	0.044	-.2697865	-.0038712	
_cons	5.630498	.4571112	12.32	0.000	4.726026	6.534971	

La estimación de la demanda para el estrato dos (2), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 5.6304 - 0.1368\ln(p_t) + 0.0296\ln(y_t) - 0.0377(P_G),$$

(0.4571)      (0.0671)              (0.1302)              (0.0188)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.13, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.13 por ciento (0.13%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.02, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.02 por ciento (0.02%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 2 no se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

### 9.3. Estrato 3

```
. reg lnconsumo3sa ln ingresosreales3sa ln preciosenergiareales3saa ln preciosgasrea3sa
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	132
				F(3, 128)	=	29.96
Model	.13915706	3	.046385687	Prob > F	=	0.0000
Residual	.198147597	128	.001548028	R-squared	=	0.4126
				Adj R-squared	=	0.3988
Total	.337304657	131	.002574845	Root MSE	=	.03934

lnconsumo3sa	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
ln ingresosreales3sa	.0262217	.0135776	7.31	0.000	.1261258 .0723944
ln preciosenergiareales3saa	-.1348307	.0330836	-3.77	0.000	-.1903047 -.0593817
ln preciosgasrea3sa	-.0987056	.0169291	-5.83	0.000	-.1322028 -.0652084
_cons	6.149983	.4910973	12.52	0.000	5.178263 7.121703

La estimación de la demanda para el estrato dos (3), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 6.1499 - 0.1348 \ln(p_t) + 0.0262 \ln(y_t) - 0.098(P_G),$$

(0.4910)    (0.0330)            (0.0135)            (0.0169)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.13, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.13 por ciento (0.13%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.02, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.02 por ciento (0.02%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 3 tampoco se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, las variables energía son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

#### 9.4. Estrato 4

```
. reg lnconsumo4sa ln ingresosreales4sa ln preciosenergiareales4sa ln preciosgasrea4sa, r
```

```
Linear regression                Number of obs   =       132
                                F(3, 128)       =       237.87
                                Prob > F             =       0.0000
                                R-squared            =       .7973
                                Root MSE         =       .03442
```

lnconsumo4sa	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln ingresosreales4sa	.0244323	.014935	1.64	0.004	-.0051192	.0539838
ln preciosenergiareales4sa	-.1603603	.0396586	-4.04	0.000	-.2388316	-.081889
ln preciosgasrea4sa	-.0596238	.032684	-1.82	0.030	-.1242947	.005047
_cons	6.130433	.1895197	32.35	0.000	5.755436	6.50543

La estimación de la demanda para el estrato dos (4), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 6.1304 - 0.1603 \ln(p_t) + 0.0244 \ln(y_t) - 0.0596(P_G),$$

(0.1895)      (0.0396)                      (0.0149)                      (0.0326)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.016, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.16 por ciento (0.16%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.02, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.02 por ciento (0.02%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 4 tampoco se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, todas las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

### 9.5. Estrato 5

```
. reg lnconsumo5sa lnpreciosenergiareales5sa lningresosreales5saa lnpreciogasrea5saa,r
```

```
Linear regression          Number of obs   =       132
                          F(3, 128)         =       232.94
                          Prob > F           =       0.0000
                          R-squared          =       0.8182
                          Root MSE       =       .03721
```

lnconsumo5sa	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
lnpreciosenergiareales5sa	-.255767	.0096912	-26.39	0.000	-.2749426	-.2365913
lningresosreales5saa	.0182414	.0381022	-3.31	0.001	-.2015036	-.0507202
lnpreciogasrea5saa	-.0700602	.027735	-2.53	0.013	-.1249387	-.0151817
_cons	7.123321	.2999032	23.75	0.000	6.529911	7.716731

La estimación de la demanda para el estrato dos (5), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 7.123321 - 0.2557\ln(p_t) + 0.0182\ln(y_t) - 0.070(P_G),$$

(0.2999)      (0.0096)      (0.0381)      (0.0277)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.25, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.25 por ciento (0.25%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.01, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.01 por ciento (0.01%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 5 tampoco se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, todas las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

### 9.6. Estrato 6

```
. reg lnconsumo6sa lnpreciogasrea6saa ln ingresosreales6saa lnpreciosenergiareales6sa, r
```

```
Linear regression                Number of obs   =       132
                                F(3, 128)       =       212.02
                                Prob > F             =       0.0000
                                R-squared            =       0.7795
                                Root MSE         =       .04369
```

	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnconsumo6sa						
lnpreciogasrea6saa	-.0500828	.0125801	-21.27	0.000	-.2924587	-.2426751
ln ingresosreales6saa	.0168853	.040931	-3.22	0.002	-.212935	-.0509571
lnpreciosenergiareales6sa	-.2675669	.010632	-25.17	0.000	-.2886043	-.2465296
_cons	7.417104	.383817	19.32	0.000	6.657657	8.176551

La estimación de la demanda para el estrato dos (6), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 7.4171 - 0.2675 \ln(p_t) + 0.0168 \ln(y_t) - 0.0550(P_G)$$

(0.3838)      (0.0106)              (0.0409)              (0.050)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.26, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.26 por ciento (0.26%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.01, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.01 por ciento (0.01%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 6 tampoco se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, todas las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

### 9.7. Demanda residencial

```
. reg lnconsumo ln ingresos lnpreciosenergiareales lnpreciosgasreal, r
```

```
Linear regression                Number of obs   =       792
                                F(3, 788)       =     426.27
                                Prob > F             =     0.0000
                                R-squared            =     0.7268
                                Root MSE         =     .15454
```

lnconsumo	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
ln ingresos	.3153292	.0133599	23.60	0.000	.289104	.3415543
lnpreciosenergiareales	-.1882023	.0638571	-2.95	0.003	-.3135524	-.0628522
lnpreciosgasreal	-.0902668	.044527	-2.03	0.043	-.1776724	-.0028611
_cons	2.410456	.096025	25.10	0.000	2.221961	2.598951

La estimación de la demanda residencial tendrá la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 2.4104 - 0.1882(p_t) + 0.3153\ln(y_t) - 0.090(P_G)$$

(0.0960) (0.0638) (0.0133) (0.0445)

La elasticidad precio de la demanda residencial de energía es de -0.1882, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.1882 por ciento (0.18%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.3153, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.3153 por ciento (0.3153%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En la demanda residencial no se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.



Por último, todas las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

### 9.8. Comparación de resultados

Estrato	Prueba	Elasticidad precio de la demanda	Desviación estándar	Elasticidad ingreso de la demanda	Desviación estándar	R <sup>2</sup> del modelo para cada estrato
1	***	0.1247	(0.0353)	0.0365	(0.0430)	41.85%
2	**	0.1368	(0.0671)	0.0296	(0.1302)	40.33%
3	***	0.1348	(0.0330)	0.0262	(0.0135)	41.26%
4	**	0.1603	(0.0396)	0.0244	(0.0149)	79.73%
5	**	0.2557	(0.0096)	0.0182	(0.0381)	81.82%
6	***	0.2675	(0.0106)	0.0168	(0.0409)	77.95%
Total residencial	**	0.1882	(0.0638)	0.3153	0.0133	72.68%

Tabla 2: Resultados de modelos

De la tabla, en la columna de pruebas si tiene tres asteriscos representa que la prueba fue significativa al 1% y dos asteriscos cuando salió significativa al 5%

Para poder realizar comparaciones entre las diferentes elasticidades es necesario realizar una prueba de medias, que nos indique si realmente existe diferencia entre los cálculos, por ende a continuación se presenta un Test para comparación de medias con un nivel de significancia de 5%.

#### Para la elasticidad precio de la demanda

Estrato 1 y estrato 4

$$\begin{aligned}
 H_0 : \mu_1 = \mu_2 & \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\
 H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0
 \end{aligned}$$

$$Z = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{0.1247 - 0.1603}{\sqrt{\frac{0.0353^2}{131} + \frac{0.0396^2}{132}}} = -7.697$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-7.697| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades entre el estrato 1 y el estrato 4 son diferentes

Estrato 1 y estrato 5

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-41.142| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades precio entre el estrato 1 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 1 y estrato 6

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-44.358| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades precio entre el estrato 1 y el estrato 6 son diferentes

Estrato 2 y estrato 4

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-3.465| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades precio entre el estrato 2 y el estrato 4 son diferentes

Estrato 2 y estrato 5

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-20.153| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades precio entre el estrato 2 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 2 y estrato 6

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-22.105| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidad precio entre el estrato 2 y el estrato 6 son diferentes

Estrato 3 y estrato 4

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-5.683| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades precio entre el estrato 3 y el estrato 4 son diferentes

Estrato 3 y estrato 5

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-40.416| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades precio entre el estrato 3 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 3 y estrato 6

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-43.986| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades entre el estrato 3 y el estrato 6 son diferentes

#### Para la elasticidad ingreso de la demanda

Estrato 1 y estrato 4

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

$$Z = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{0.0365 - 0.0244}{\sqrt{\frac{0.0430^2}{131} + \frac{0.0149^2}{132}}} = 3.044$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|3.044| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades entre el estrato 1 y el estrato 4 son diferentes

Estrato 1 y estrato 5

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|-41.142| > 3.651$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 1 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 1 y estrato 6

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|3.806| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 1 y el estrato 6 son diferentes

Estrato 2 y estrato 4

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| < Z_{\alpha/2}$ ;  $|0.456| < 1.96$

No se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 2 y el estrato 4 no son diferentes

Estrato 2 y estrato 5

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| < Z_{\alpha/2}$ ;  $|0.965| < 1.96$

No se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 2 y el estrato 5 no son diferentes

Estrato 2 y estrato 6

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| < Z_{\alpha/2}$ ;  $|1.077| < 1.96$

No se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 2 y el estrato 6 no son diferentes

Estrato 3 y estrato 4

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| < Z_{\alpha/2}$ ;  $|1.028| < 1.96$

No se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades entre el estrato 3 y el estrato 4 no son diferentes

Estrato 3 y estrato 5

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|2.273| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 3 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 3 y estrato 6

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ;  $|2.507| > 1.96$

Se rechaza  $H_0$  y entonces las elasticidades entre el estrato 3 y el estrato 6 son diferentes

Dadas las anteriores pruebas se puede concluir que las diferencias establecidas para las elasticidades precio de la demanda son significativas y por tanto se puede distinguir que estratos tienen las mayores elasticidades precio de la demanda de energía eléctrica, sin embargo para la elasticidad ingreso no ocurre lo mismo, pues el estrato dos no cuenta con diferencias significativas respecto a los estratos altos (4, 5 y 6) y por ende no se pueden establecer comparaciones con dicho estrato.

Con base en lo anterior, se puede decir que en la tabla dos (2) podemos encontrar que para los estratos 1,2 y 3 se cumple la hipótesis inicial, es decir que la elasticidad precio de la

demanda de energía eléctrica es menor respecto a los estratos 4,5 y 6, sin embargo la elasticidad ingreso de la demanda de energía es mayor en los estratos bajos (entendiendo que el estrato 2 no puede ser comparado), económicamente esto puede reflejar que dichos grupos sociales reaccionan más rápidamente ante el cambio en su nivel de ingreso y lo reflejan en su consumo de energía eléctrica, sin embargo esta conclusión podría ser discutida pues dicha elasticidad tiene un comportamiento muy similar entre los diferentes estratos.

Por otro lado cabe mencionar que tanto la elasticidad precio de la demanda de energía como la elasticidad ingreso son muy pequeñas en todos los estratos, por lo cual el comportamiento de los usuarios frente a este servicio es inelástico, es decir que los suscriptores no modifican en grandes proporciones su consumo total de energía ante cambios en los precios o ante cambios en sus ingresos.

Si comparamos la elasticidad ingreso y la elasticidad precio de la demanda, es posible observar que los consumidores alteran su consumo de energía eléctrica en mayor proporción ante cambios en el precio, es decir que esta variable afecta en mayor proporción la demanda de energía residencial.

### *9.9. Interpretación económica de los resultados*

De acuerdo a lo anterior, los usuarios definen su consumo en función a las variables propuestas, pues en todas las regresiones las variables del precio de la energía, el ingreso de los hogares y el precio del gas resultan estadísticamente significativas.

Económicamente se puede observar que en los estratos 1, 2 y 3 se tiene un comportamiento más inelástico frente a la elasticidad precio de la demanda, por lo cual los hogares en este grupo no modifican su consumo ante cambios de los precios de la energía. En estudios posteriores podría verificarse si este comportamiento puede ser influenciado por la existencia del consumo mínimo vital percibido por los hogares, dado el subsidio en el servicio de energía, es decir que los hogares procuran mantener el mismo nivel de consumo a través del tiempo, con el fin de evitar pagar la tarifa plena de electricidad.

En los estratos 4, 5 y 6 se puede observar que tienen una elasticidad precio de la demanda mayor a la observada en los estratos bajos, económicamente esto se puede explicar debido a la contribución sobre la tarifa plena que deben realizar, por lo cual siempre enfrentan un alto precio unitario (\$/kWh), y tienden a modificar su consumo de acuerdo al precio percibido, sin embargo es importante aclarar que dichas modificaciones no son mucho mayores a los de estratos bajos, pues como se dijo anteriormente la energía eléctrica es un bien de primera necesidad .

En cuanto a la elasticidad ingreso de la demanda en los estratos socioeconómicos más bajos (1, 2 y 3), se puede observar que pese a que tienen mayores elasticidades respecto a los demás estratos, tienen un comportamiento muy inelástico, económicamente la razón de esto es que la electricidad es un bien de primera necesidad, por lo cual los hogares no tienden a modificar su consumo en grandes cantidades ante cambios en sus ingresos.

En cuanto a la elasticidad ingreso de la demanda en los estratos 4, 5 y 6, sus elasticidades son muy bajas dado que tienen mayores niveles de ingreso y por ende un cambio en dicho ingreso no resulta impactante sobre el consumo de un bien de primera necesidad como lo es la electricidad de los hogares.

Es apenas lógico que la elasticidad ingreso sea menor en magnitud a la elasticidad precio de la demanda de energía, pues por un lado existe un consumo mínimo vital que permite que los hogares mantengan su consumo alrededor de ese valor, por lo cual un cambio en el precio no resulte muy significativo, y por otro lado los hogares tienden a reaccionar rápidamente ante cambios en el precio pues es fácil tomar medidas para ahorrar energía o por el contrario incrementar rápidamente el consumo.

Es importante mencionar que aunque las elasticidades precio de la demanda e ingreso de la demanda de energía, no tomen valores muy altos respecto a los que pueden tomar en otro tipo de mercados, son significativos para el estudio y relevantes a la hora de diseñar políticas energéticas, pues una elasticidad pequeña puede generar grandes cambios en el consumo durante época de escasez, tal como se vio en el pasado fenómeno de El Niño (2015- 2016).

En ninguna de las regresiones el precio del gas natural domiciliario tuvo el comportamiento esperado. Este resultado nos muestra que para el caso de Bogotá la energía eléctrica y el gas natural no se comportan como bienes sustitutos, y que los hogares tienen diferenciado el uso final de cada bien.

## *10. Conclusiones*

Desde la instauración de la constitución de 1991, cuando se le concedió al sector privado la posibilidad de participar en el suministro de servicios públicos, el régimen tarifario ha pasado por diferentes cambios estructurales para tener el sistema tarifario que se tiene hoy en día.

El nivel de consumo de energía eléctrica incrementó desde la implementación del régimen subsidiado en un 66% aproximadamente, y pasó a ser una estructura aparentemente más equitativa en la distribución de los recursos, pues desde 2005 se puede observar un consumo relativamente similar para todos los estratos de Bogotá.

Por otro lado el nivel de acceso al servicio de energía eléctrica aumentó significativamente a nivel de Bogotá, siendo los principales beneficiados los estratos dos y tres, esto representa un avance importante en las metas de reducción de pobreza del país, pues un aspecto significativo en la superación de la pobreza de una nación, es el nivel de acceso de los servicios públicos, el cual para Bogotá, está en aproximadamente el 98% de cobertura para toda la población.

La estratificación es el procedimiento mediante el cual se establecen, zonas diferenciadas entre sí de acuerdo al hábitat, el ambiente, el paisaje urbano, el prestigio social y la calidad de vida residencial que ofrecen a sus moradores, actualmente los subsidios están distribuidos de la siguiente forma: Estrato 1: 50%, Estrato 2: 40%, y Estrato 3:15%. (Teniendo en cuenta el consumo mínimo de subsistencia que es de 130 Kwh).

Debido a la inclusión de los subsidios y/o contribuciones en el precio de la energía, la tarifa media calculada resulta estar por debajo de la tarifa plena para los estratos bajos, y



mayor para los estratos 5 y 6, para el estrato 4, esta tarifa es la misma, pues no presentan distorsiones provenientes del régimen de subsidios.

De acuerdo con los resultados del modelo propuesto, la hipótesis planteada es aceptada para la elasticidad precio de la demanda de energía. Su función de consumo depende positivamente de la tarifa media calculada, la cual incluye la distorsión proveniente de subsidios y/o contribuciones, el ingreso de cada hogar; y del precio medio calculado para el gas doméstico. Para la elasticidad ingreso de la demanda, la hipótesis propuesta es rechazada porque es mayor en magnitud para los estratos bajos.

El comportamiento de la elasticidad precio de la demanda en el sector residencial es muy inelástico, por lo cual los usuarios no son muy sensibles a cambios en el precio de la energía, una de las causas de este problema puede ser el consumo mínimo vital para los hogares subsidiados, pues esto permite que los consumidores se mantengan en un rango fijo de consumo.

La elasticidad precio de la demanda en los estratos 4, 5 y 6 es mayor a la calculada para los estratos bajos, lo cual podría explicarse debido a la contribución sobre la tarifa plena que deben realizar, por lo cual siempre enfrentan un solo precio unitario (\$/kWh) sin importar la cantidad de energía consumida.

El precio medio calculado del gas natural domiciliario no resultó tener el comportamiento esperado, por lo que se rechaza la hipótesis de que es un bien sustituto de la energía eléctrica doméstico en Bogotá.

## 11. Referencias bibliográficas

- Berndt, E. & Samaniego, R. (1984). Residential Electricity Demand in Mexico: A Model Distinguishing Access from Consumption. *Land Economics*, 60(3), 268-277. Doi: 10.2307/3146187
- Comisión Reguladora de Energía y Gas. (30 de octubre de 2017). Recuperado de [http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/que\\_es/que\\_es.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/que_es/que_es.htm)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). *La estratificación socioeconómica en el régimen de los servicios públicos domiciliarios*. Recuperado [de http://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/Estratificacion\\_en\\_SPD.pdf](http://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/Estratificacion_en_SPD.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). *Metodología de estratificación urbana tipo 1*. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/estratificacion/Tipo1.pdf>
- Escudero, A y Botero, S. (2006). Caracterización del mercado de energía eléctrica para usuarios no regulados en Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/27006/1/24705-86669-1-PB.pdf>
- Fisher, F. y C. Kaysen (1962). *A Study in Econometrics: The Demand for Electricity in the United States*. Amsterdam: North Holland.
- Foster, V., K. Komives, J. Halpern y Q. Word (2005). Agua, Electricidad y Pobreza – Quien se beneficia de los subsidios a los servicios públicos. Banco Mundial en coedición con Mayol Ediciones, S.A. Estados Unidos
- Galetovic, A. y Muñoz, C. (2010). *La elasticidad de la demanda por electricidad y la política energética*. Trimestre Económico, 77(2), 313-341. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-718X2010000200313](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2010000200313)
- Houlhakker, H. y L. Taylor (1970), *Consumer Demand in the United States*, 2 ed. Cambridge: Harvard University Press.

- Lasso, F. J. (2006). "Incidencia del Gasto Público Social sobre la Distribución del Ingreso y la Reducción de la Pobreza", MERPD-Departamento Nacional de Planeación.
- Medina, C. & Morales, L. (2007). *Demanda por servicios públicos domiciliarios en Colombia y subsidios: Implicaciones sobre el Bienestar*. Borradores de Economía. 467. Bogotá. Banco de la República. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/pdfs/borra467.pdf>
- Meléndez, M. (2008). *Subsidios al consumo de los servicios públicos: reflexiones a partir del caso colombiano*. Documentos de Trabajo (Working Papers). 2. Caracas. Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). Recuperado de <https://www.caf.com/media/3861/200802Melendez.pdf>
- Parra, M. (2011). *Infraestructura y pobreza: el caso de los servicios públicos en Colombia*. Documentos de Trabajo (Working Papers). 56. Bogotá. Fedesarrollo. Recuperado de [http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/239/3/WP\\_2011\\_No\\_56.pdf](http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/239/3/WP_2011_No_56.pdf)
- Pinzón, I. (2010). *Estimación de funciones de consumo de energía eléctrica para clientes residenciales en Bogotá*. (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana). Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12105/PinzonVelaIvanRodrigo2010.pdf?sequence=1>
- Rendón, J; Gaviria, A & Salazar, L. (2011). Determinantes del precio de la energía eléctrica en el mercado no regulado en Colombia. Recuperado de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/cienciasestrategicas/article/download/.../1313>
- Sistema Eléctrico Nacional. (2010). Informe sectorial sobre la evolución de la distribución y comercialización de energía eléctrica en Colombia. Recuperado de <http://www.siel.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=L9AASwJmZ8=>
- Sistema Único de Información de Servicios Públicos. (2017). Servicio de Energía. Recuperado de <http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=4>
- Taylor, L. (1975). The Demand for Electricity: A Survey. *The Bell Journal of Economics*, 6(1), 74-110. Doi: 10.2307/3003216

Unidad de Planeación Minero Energética. (2015). Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano – enero de 2015. Recuperado de [http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento\\_Variables\\_Enero\\_2015.pdf](http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento_Variables_Enero_2015.pdf)

Vélez, C. E. (1996). “Gasto Social y Desigualdad. Logros y Extravíos”. Misión Social-Departamento Nacional de Planeación. Colombia

XM- Mercado de energía. (10 de noviembre de 2017). Recuperado de <http://www.xm.com.co/Paginas/Mercado-de-energia/descripcion-del-sistema-electrico-colombiano.aspx>

## 12. Anexos

### 12.1 Anexo I

Consumo de energía eléctrica (Número de kilovatio hora Kwh)						
Estrato						
Año	1	2	3	4	5	6
1991	191	234	282	350	460	614
1992	200	234	283	350	447	596
1993	114	171	243	300	376	494
1994	193	224	254	309	391	487
1995	191	234	282	350	460	614

Fuente: Elaboración propia, Datos CREG

### 12.2 Anexo II

Consumo de energía eléctrica (Número de kilovatio hora Kwh)						
Estrato						
Año	1	2	3	4	5	6
2005	229.15	229.97	229.56	230.82	231.62	231.86
2006	230.57	230.26	231	231.9	233.03	233.18
2007	233.19	232.42	233.29	233.72	234.95	235.09
2008	261.37	260.43	260.67	259.95	261.74	261.79
2009	300.85	299.49	299.04	296.8	298.61	298.51
2010	320.21	319.11	318.27	316	318.5	317.8
2011	347.81	348.87	348.74	346.05	347.4	346.56
2012	350.41	354.5	354.56	351.77	352.47	351.62
2013	357.32	357.93	357.9	355.18	356.4	355.48
2014	378.54	379.79	376.27	373.19	375	374
2015	386.10	385.21	383.74	381.64	383.8	381.95

Fuente: Elaboración propia, Datos SUI

### 12.3 Anexo III

Número de suscriptores en Bogotá						
Estrato						
Año	1	2	3	4	5	6
1991	99.815	132.433	165.765	114.891	46.345	46.141
1992	97.602	145.378	179.654	123.716	55.568	39.596
1993	90.305	120.567	159.371	105.948	60.876	24.494
1994	112.532	174.897	165.897	102.528	72.169	60.487
1995	111.305	179.902	198.890	129.814	46.081	55.614

Fuente: Elaboración propia, Datos SUI

### 12.4 Anexo IV

Numero de suscriptores en Bogotá						
Estrato						
Año	1	2	3	4	5	6
2005	137,680	527,889	580,490	179,578	67,471	52,875
2006	119,999	527,284	579,022	187,657	69,772	55,277
2007	111,483	539,466	582,535	194,409	71,728	57,081
2008	112,737	557,533	594,261	202,850	73,745	58,733
2009	116,054	577,310	607,209	214,149	76,081	60,419
2010	239,421	594,343	627,435	448,926	157,020	125,839
2011	121,815	616,049	629,527	231,923	80,396	64,316
2012	124,279	634,375	641,454	241,671	83,229	65,988
2013	127,456	656,990	655,809	250,591	86,258	68,579
2014	133,260	674,659	669,150	255,474	88,699	69,490
2015	135,209	670,814	689,999	272,199	91,993	73,523

Fuente: Elaboración propia, Datos SUI

## 12.5 Anexo V

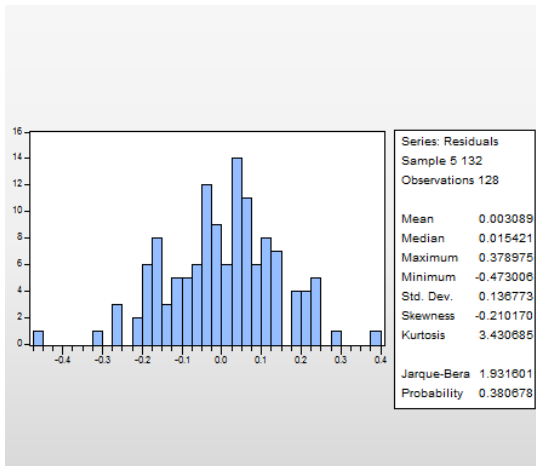
Evolución índice de cobertura de Energía Eléctrica (%)	
1995	87,89
1996	91,02
1997	93,78
1998	96,99
1999	99
2000	99,4
2001	99,45
2002	98,5
2003	100
2004	99,99
2005	95,98
2006	98,2
2007	98,23
2008	98,95

Fuente: Elaboración propia, Datos CREG

## 12.6 Anexo VI

### 12.6.1 Pruebas Estrato 1

- Normalidad



*H0: et se aproxima a una distribución Normal.*

*H1: et no se aproxima a una distribución Normal.*

*Si tomamos un nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es mayor.*

## • Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test			
F-statistic	71.90318	Prob. F(2,123)	0.0000
Obs*R-squared	68.99091	Prob. Chi-Square(2)	0.0200

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/20/17 Time: 21:31  
 Sample: 5 132  
 Included observations: 128  
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D4LNINGRESO1	-0.114712	0.019803	-5.792750	0.0000
D4LNPRECIOEN1	0.114938	0.055898	2.056223	0.0419
D4LNPRECIOGAS1	0.144631	0.057856	2.499866	0.0137
RESID(-1)	0.520909	0.079336	6.565885	0.0000
RESID(-2)	0.450555	0.075227	5.989267	0.0000

R-squared	0.538754	Mean dependent var	0.003089
Adjusted R-squared	0.523755	S.D. dependent var	0.136773
S.E. of regression	0.094388	Akaike info criterion	-1.844527
Sum squared resid	1.095818	Schwarz criterion	-1.733120
Log likelihood	123.0498	Hannan-Quinn criter.	-1.799262
Durbin-Watson stat	1.695862		

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$   
 (Ausencia de Autocorrelación)

$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

*Por tener una probabilidad mayor de 1%)  
 no se rechaza la hipótesis nula de  
 incorrelación. Por lo que el modelo no  
 presenta autocorrelación*

## • Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	32.60513	Prob. F(6,121)	0.0000
Obs*R-squared	79.08498	Prob. Chi-Square(6)	0.0300
Scaled explained SS	90.92785	Prob. Chi-Square(6)	0.0300

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID\*2  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/20/17 Time: 21:35  
 Sample: 5 132  
 Included observations: 128

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.083533	0.042308	-1.974390	0.0506
D4LNINGRESO1*2	0.024536	0.002066	11.87887	0.0000
D4LNINGRESO1*D4LNPRECIOEN1	0.076449	0.028222	2.708870	0.0077
D4LNINGRESO1*D4LNPRECIOGAS1	-0.163694	0.022864	-7.159553	0.0000
D4LNPRECIOEN1*2	-0.214784	0.084508	-2.541593	0.0123
D4LNPRECIOEN1*D4LNPRECIOGAS1	0.200736	0.164286	1.221870	0.2241
D4LNPRECIOGAS1*2	0.086179	0.082076	1.049992	0.2958

R-squared	0.617851	Mean dependent var	0.018570
Adjusted R-squared	0.598902	S.D. dependent var	0.028949
S.E. of regression	0.018334	Akaike info criterion	-5.106952
Sum squared resid	0.040674	Schwarz criterion	-4.950981
Log likelihood	333.8449	Hannan-Quinn criter.	-5.043580
F-statistic	32.60513	Durbin-Watson stat	1.253249
Prob(F-statistic)	0.000000		

$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$

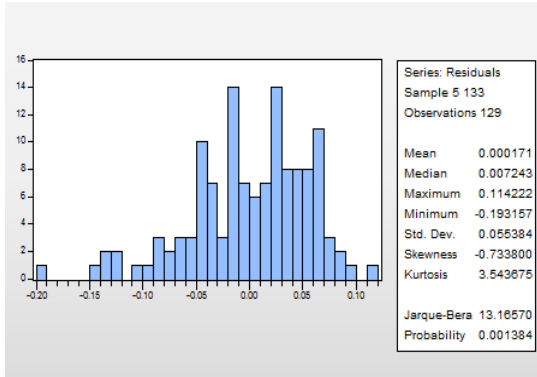
$H_1 : no se verifica H_0$

*Por tener una probabilidad mayor de 1%)  
 no se rechaza la hipótesis nula de  
 homocedasticidad*



## 12.6.2 Pruebas Estrato 2

- Normalidad



$H_0$ : et se aproxima a una distribución Normal.

$H_1$ : et no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, rechazamos la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es menor.

- Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	13.84612	Prob. F(2,124)	0.0612
Obs*R-squared	23.54965	Prob. Chi-Square(2)	0.0398

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/20/17 Time: 21:51  
 Sample: 5 133  
 Included observations: 129  
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D3LNINNGRESO2	-0.273379	0.177264	-1.542210	0.1256
D3LNPRECIOENERGIASADT2	0.206721	0.243923	0.847482	0.3984
D3LNPRECIOGAS2	0.195371	0.161685	1.208339	0.2292
RESID(-1)	0.395576	0.089850	4.402635	0.0000
RESID(-2)	0.108643	0.091927	1.181839	0.2395

R-squared	0.182548	Mean dependent var	0.000171
Adjusted R-squared	0.156178	S.D. dependent var	0.055384
S.E. of regression	0.050875	Akaike info criterion	-3.080891
Sum squared resid	0.320948	Schwarz criterion	-2.970046
Log likelihood	203.7175	Hannan-Quinn criter.	-3.035853
Durbin-Watson stat	1.937102		

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$$

(Ausencia de Autocorrelación)

$$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo no presenta autocorrelación

- Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	19.37726	Prob. F(6,122)	0.0000
Obs*R-squared	62.94710	Prob. Chi-Square(6)	0.0000
Scaled explained SS	76.10492	Prob. Chi-Square(6)	0.0000

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID^2  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/20/17 Time: 21:55  
 Sample: 5 133  
 Included observations: 129

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.073553	0.059941	-1.227102	0.2221
D3LNINNGRESO2^2	1.076036	0.286816	3.751666	0.0003
D3LNINNGRESO2*D3LNPRECIOENERG...	-0.899058	0.574010	-1.566274	0.1199
D3LNINNGRESO2*D3LNPRECIOGAS2	-2.207130	0.583022	-3.785670	0.0002
D3LNPRECIOENERGIASADT2^2	0.576845	0.436799	1.320619	0.1891
D3LNPRECIOENERGIASADT2*D3LNPRE...	0.281754	0.722632	0.389899	0.6973
D3LNPRECIOGAS2^2	1.414174	0.343748	4.113989	0.0001

R-squared	0.487962	Mean dependent var	0.003044
Adjusted R-squared	0.462780	S.D. dependent var	0.004864
S.E. of regression	0.003565	Akaike info criterion	-8.382357
Sum squared resid	0.001551	Schwarz criterion	-8.227174
Log likelihood	547.6620	Hannan-Quinn criter.	-8.319303
F-statistic	19.37726	Durbin-Watson stat	1.686383
Prob(F-statistic)	0.000000		

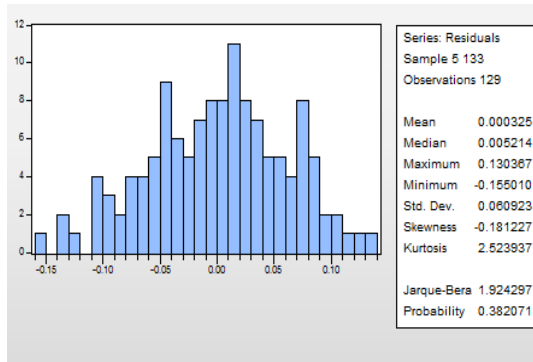
$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$$

$H_1$ : no se verifica  $H_0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad

### 12.6.3 Pruebas Estrato 3

- Normalidad



$H_0$ :  $\epsilon_t$  se aproxima a una distribución Normal.

$H_1$ :  $\epsilon_t$  no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, aceptamos la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es mayor.

- Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test				
F-statistic	47.76503	Prob. F(2,124)	0.0755	
Obs*R-squared	56.13526	Prob. Chi-Square(2)	0.1352	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID				
Method: Least Squares				
Date: 11/20/17 Time: 22:04				
Sample: 5 133				
Included observations: 129				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L3LPRECIOKWHPROMEDIO3SAD	0.075596	0.038194	1.979279	0.0500
L3LPRECIOGASROMEDIO3	0.023165	0.017379	1.332952	0.1850
L3LINGRESO3	-0.041913	0.016873	-2.484071	0.0143
RESID(-1)	0.535834	0.086881	6.167439	0.0000
RESID(-2)	0.205476	0.086765	2.368178	0.0194
R-squared	0.435141	Mean dependent var	0.000325	
Adjusted R-squared	0.416920	S.D. dependent var	0.060923	
S.E. of regression	0.046521	Akaike info criterion	-3.259853	
Sum squared resid	0.268357	Schwarz criterion	-3.149007	
Log likelihood	215.2605	Hannan-Quinn criter.	-3.214814	
Durbin-Watson stat	1.954689			

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$   
(Ausencia de Autocorrelación)

$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo no presenta autocorrelación

- Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White				
F-statistic	2.097879	Prob. F(6,122)	0.0582	
Obs*R-squared	12.06472	Prob. Chi-Square(6)	0.0605	
Scaled explained SS	8.748160	Prob. Chi-Square(6)	0.1882	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 11/20/17 Time: 22:06				
Sample: 5 133				
Included observations: 129				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.021439	0.030674	0.698932	0.4859
L3LPRECIOKWHPROMEDIO3SAD^2	0.014177	0.031366	0.451986	0.6521
L3LPRECIOKWHPROMEDIO3SAD*L3L...	0.024878	0.016984	1.464785	0.1456
L3LPRECIOKWHPROMEDIO3SAD*L3LIN...	-0.023418	0.022120	-1.058697	0.2918
L3LPRECIOGASROMEDIO3^2	-0.017205	0.011100	-1.550001	0.1237
L3LPRECIOGASROMEDIO3*L3LINGRE...	0.006277	0.012280	0.511147	0.6102
L3LINGRESO3^2	0.003185	0.002109	1.509900	0.1337
R-squared	0.093525	Mean dependent var	0.003683	
Adjusted R-squared	0.048944	S.D. dependent var	0.004558	
S.E. of regression	0.004446	Akaike info criterion	-7.941105	
Sum squared resid	0.002411	Schwarz criterion	-7.785922	
Log likelihood	519.2013	Hannan-Quinn criter.	-7.878051	
F-statistic	2.097879	Durbin-Watson stat	1.265363	
Prob(F-statistic)	0.058216			

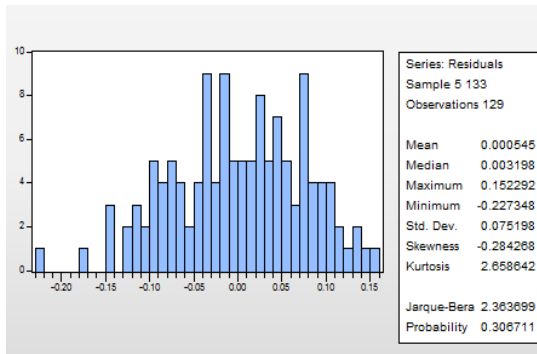
$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$

$H_1 : no se verifica H_0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

## 12.6.4 Pruebas Estrato 4

### • Normalidad



$H_0$ : et se aproxima a una distribución Normal.

$H_1$ : et no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, aceptamos la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es mayor.

### • Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test			
F-statistic	92.02761	Prob. F(2,124)	0.0851
Obs*R-squared	77.07425	Prob. Chi-Square(2)	0.0474

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/20/17 Time: 22:10  
 Sample: 5 133  
 Included observations: 129  
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L3LPRECIOGASPROMEDIO4	0.012130	0.017139	0.707758	0.4804
L3LPRECIOKWHPROMEDIO4SAD	0.008511	0.043988	0.193486	0.8469
L3LINGRESO4	-0.008735	0.016661	-0.524282	0.6010
RESID(-1)	0.633858	0.088274	7.180578	0.0000
RESID(-2)	0.173773	0.088351	1.966834	0.0514

R-squared	0.597453	Mean dependent var	0.000545
Adjusted R-squared	0.584468	S.D. dependent var	0.075198
S.E. of regression	0.048474	Akaike info criterion	-3.177585
Sum squared resid	0.291368	Schwarz criterion	-3.066739
Log likelihood	209.9542	Hannan-Quinn criter.	-3.132546
Durbin-Watson stat	2.069990		

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$

(Ausencia de Autocorrelación)

$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo no presenta autocorrelación

### • Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	3.493499	Prob. F(6, 122)	0.0032
Obs*R-squared	18.91403	Prob. Chi-Square(6)	0.0043
Scaled explained SS	14.89041	Prob. Chi-Square(6)	0.0211

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID\*2  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/20/17 Time: 22:13  
 Sample: 5 133  
 Included observations: 129

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.045318	0.035938	-1.261028	0.2097
L3LPRECIOGASPROMEDIO4*2	-0.027311	0.010435	-2.617195	0.0100
L3LPRECIOGASPROMEDIO4*L3LPRECI...	0.095821	0.026136	3.666309	0.0004
L3LPRECIOGASPROMEDIO4*L3LINGRE...	-0.012630	0.009964	-1.267661	0.2073
L3LPRECIOKWHPROMEDIO4SAD*2	-0.025347	0.041044	-0.617543	0.5380
L3LPRECIOKWHPROMEDIO4SAD*L3LIN...	-0.022300	0.029917	-0.745387	0.4575
L3LINGRESO4*2	0.007192	0.005943	1.210094	0.2286

R-squared	0.146620	Mean dependent var	0.005611
Adjusted R-squared	0.104651	S.D. dependent var	0.007237
S.E. of regression	0.006848	Akaike info criterion	-7.077092
Sum squared resid	0.005721	Schwarz criterion	-6.921908
Log likelihood	463.4724	Hannan-Quinn criter.	-7.014038
F-statistic	3.493499	Durbin-Watson stat	1.169109
Prob(F-statistic)	0.003190		

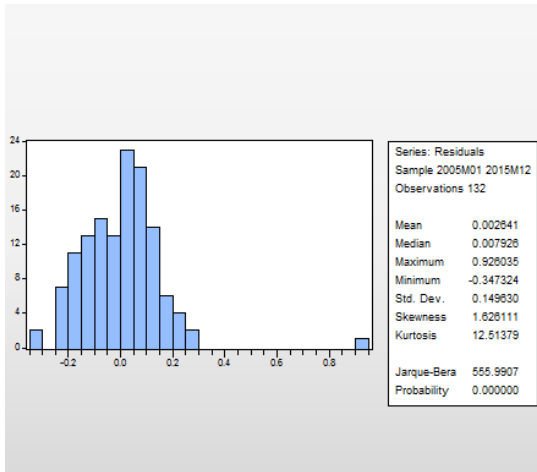
$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$

$H_1 : no se verifica H_0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

## 12.6.5 Pruebas Estrato 5

- Normalidad



$H_0$ : et se aproxima a una distribución Normal.

$H_1$ : et no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, rechazamos la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es menor.

- Autocorrelación

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey			
F-statistic	5.562658	Prob. F(3,128)	0.0013
Obs*R-squared	15.22457	Prob. Chi-Square(3)	0.0016
Scaled explained SS	20.62710	Prob. Chi-Square(3)	0.0001

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID^2  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/19/17 Time: 23:06  
 Sample: 2005M01 2015M12  
 Included observations: 132

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.600293	0.150292	3.994175	0.0001
LINGRESO6	-0.038024	0.010624	-3.579089	0.0005
LPRECIOGAS6	0.015550	0.017563	0.885358	0.3776
LPRECIOENERGIA6	-0.016437	0.025695	-0.639675	0.5235

R-squared	0.115338	Mean dependent var	0.014274
Adjusted R-squared	0.094603	S.D. dependent var	0.024134
S.E. of regression	0.022964	Akaike info criterion	-4.679917
Sum squared resid	0.067502	Schwarz criterion	-4.592559
Log likelihood	312.8745	Hannan-Quinn criter.	-4.644418
F-statistic	5.562658	Durbin-Watson stat	1.831041

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$

(Ausencia de Autocorrelación)

$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

Por tener una probabilidad menor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo presenta autocorrelación

- Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	59.49587	Prob. F(6,125)	0.0000
Obs*R-squared	97.76588	Prob. Chi-Square(6)	0.0382
Scaled explained SS	542.6337	Prob. Chi-Square(6)	0.0222

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID^2  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/20/17 Time: 22:20  
 Sample: 2005M01 2015M12  
 Included observations: 132

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.185629	0.125589	1.478069	0.1419
LINGRESO5^2	0.127997	0.010398	12.30087	0.0000
LINGRESO5*LPRECIOEN5	-0.904748	0.120030	-7.537695	0.0000
LINGRESO5*LPRECIOGAS5	0.198045	0.093572	2.116495	0.0363
LPRECIOEN5^2	2.388736	0.480484	4.971518	0.0000
LPRECIOEN5*LPRECIOGAS5	-2.059350	0.638202	-3.226801	0.0016
LPRECIOGAS5^2	0.657551	0.220526	2.981742	0.0034

R-squared	0.740551	Mean dependent var	0.022226
Adjusted R-squared	0.728202	S.D. dependent var	0.076064
S.E. of regression	0.039655	Akaike info criterion	-3.565608
Sum squared resid	0.196569	Schwarz criterion	-3.412732
Log likelihood	242.3301	Hannan-Quinn criter.	-3.503486
F-statistic	59.49587	Durbin-Watson stat	2.090007
Prob(F-statistic)	0.000000		

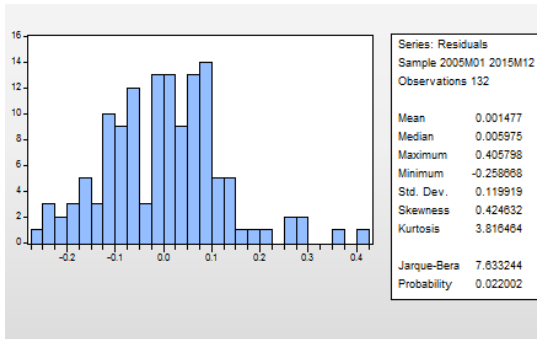
$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$

$H_1 : no se verifica H_0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

## 12.6.6 Pruebas Estrato 6

- Normalidad



$H_0$ : *et se aproxima a una distribución Normal.*

$H_1$ : *et no se aproxima a una distribución Normal.*

*Si tomamos un nivel de significancia del 5%, no se rechaza s la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es mayor.*

- Autocorrelación

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

F-statistic	9.508041	Prob. F(2,127)	0.0001
Obs*R-squared	17.19073	Prob. Chi-Square(2)	0.0002

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/19/17 Time: 23:07  
 Sample: 2005M01 2015M12  
 Included observations: 132  
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LINGRESO6	-0.041347	0.024231	-1.706363	0.0904
LPRECIOGAS6	-0.029935	0.086921	-0.344394	0.7311
LPRECIOENERGIA6	0.145424	0.131266	1.107859	0.2700
RESID(-1)	0.287830	0.089231	3.225666	0.0016
RESID(-2)	0.195060	0.090052	2.166082	0.0322

R-squared	0.130100	Mean dependent var	0.001477
Adjusted R-squared	0.102701	S.D. dependent var	0.119919
S.E. of regression	0.113594	Akaike info criterion	-1.475231
Sum squared resid	1.638754	Schwarz criterion	-1.366034
Log likelihood	102.3652	Hannan-Quinn criter.	-1.430858
Durbin-Watson stat	1.952363		

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$$

(Ausencia de Autocorrelación)

$$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$$

*Por tener una probabilidad menor de 1%) se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo presenta autocorrelación.*

- Heterocedasticidad

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

F-statistic	5.562658	Prob. F(3,128)	0.0013
Obs*R-squared	15.22457	Prob. Chi-Square(3)	0.0016
Scaled explained SS	20.62710	Prob. Chi-Square(3)	0.0001

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID^2  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/19/17 Time: 23:06  
 Sample: 2005M01 2015M12  
 Included observations: 132

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.600293	0.150292	3.994175	0.0001
LINGRESO6	-0.038024	0.010624	-3.579089	0.0005
LPRECIOGAS6	0.015550	0.017563	0.885358	0.3776
LPRECIOENERGIA6	-0.016437	0.025695	-0.639675	0.5235

R-squared	0.115338	Mean dependent var	0.014274
Adjusted R-squared	0.094603	S.D. dependent var	0.024134
S.E. of regression	0.022964	Akaike info criterion	-4.679917
Sum squared resid	0.067502	Schwarz criterion	-4.592559
Log likelihood	312.8745	Hannan-Quinn criter.	-4.644418
F-statistic	5.562658	Durbin-Watson stat	1.831041

$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$$

$H_1$ : *no se verifica  $H_0$*

*Por tener una probabilidad menor de 1%) se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad*

