

January 2017

El hurto de energía y cambios regulatorios en zonas de Cundinamarca: una mirada desde la economía del crimen

Álvaro Andrés Pulido Castrillón
Universidad de La Salle, Bogotá, alvaro.pulido@gmail.com

Katherine Avendaño Ordóñez
Choice Technologies, katherine.aven@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/eq>

Citación recomendada

Pulido Castrillón, Á. A., y K. Avendaño Ordóñez (2017). El hurto de energía y cambios regulatorios en zonas de Cundinamarca: una mirada desde la economía del crimen. *Equidad y Desarrollo*, (28), 227-258. <https://doi.org/10.19052/ed.4126>

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Equidad y Desarrollo* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

El hurto de energía y cambios regulatorios en zonas de Cundinamarca: una mirada desde la economía del crimen*

227

Álvaro Andrés Pulido Castrillón**

Katherine Avendaño Ordóñez***

Palabras clave

Economía del crimen, regulación económica, datos panel

Clasificación JEL

C23, D42, K42

Resumen

El delito de defraudación de fluidos se ha convertido en uno de los principales problemas a los que se enfrentan todas las empresas de servicios públicos (ESP) en Colombia. Este artículo racionaliza el aumento en los incentivos para el comportamiento hurtador de energía por parte de clientes de Codensa. Dentro de los supuestos de un monopolio natural, se muestran las consecuencias del alza de tarifas en el que incurre la empresa para sus clientes, ante un aumento de los hurtos de fluidos eléctricos en Bogotá y algunas zonas de Cundinamarca. Mediante una base de datos panel a escala del establecimiento, se encontró que la pérdida de la facultad sancionatoria de las ESP para clientes hurtadores generó un aumento de 0,14 desviaciones estándar en el hurto de energía en promedio, correspondientes al sobre costo que representa la demanda oculta comprada (equivalente a 8,487 gigavatios-hora [GWh]), y que se socializa vía tarifas.

Cómo citar este artículo: Pulido Castrillón, Á. A. y Avendaño Ordóñez, K. (2017). El hurto de energía y cambios regulatorios en zonas de Cundinamarca: una mirada desde la economía del crimen. *Equidad & Desarrollo*, (28), 227-258. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/ed.4126>

Fecha de recepción: 17 de enero de 2017 • Fecha de aceptación: 16 de mayo de 2017

* Artículo resultante de la investigación del mismo título realizada para optar por el título de Magíster en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana, bajo la dirección de Edgar Villa Pérez, PhD en Economía. Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad única de los autores, y no comprometen a las entidades para las que laboran, ni a Codensa SA ESP, ni a la Pontificia Universidad Javeriana.

** Economista. Magíster en Economía. Docente, Universidad de La Salle. Consultor de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). Correo electrónico: alvaro.pulido@gmail.com

*** Economista. Magíster en Economía. Gerente de Proyectos de Choice Technologies. Correo electrónico: katherine.aven@gmail.com

Theft of Electricity and Regulatory Changes in Cundinamarca Area: An approach from the Perspective of the Economics of Crime

Keywords

Economics of crime, economic regulation, panel data

Abstract

Theft of electricity has become one of the main problems faced by public service companies (ESP) in Colombia. This article rationalizes the increase in incentives for theft of electricity by Codensa's customers. In the context of an alleged natural monopoly, the article shows the consequences of the company raising the electricity fees for customers in the face of an increase in the theft of power supply in Bogotá and some areas in Cundinamarca. Using a scaled panel data base of the building, we found that, since the ESPs cannot fine the customers who steal electricity, there was an increase of 0.14 standard deviation in the average theft of electricity, corresponding to the cost overrun represented by the hidden demand purchased (equivalent to 8.487 gigawatt-hours [GWh]), and which is socialized with fees.

O furto de energia e mudanças regulatórias em zonas de Cundinamarca: uma mirada desde a economia do crime

Resumo

O delito de defraudação de fluidos tem se tornado um dos principais problemas enfrentados por todas as empresas de serviços públicos (ESP) na Colômbia. Este artigo racionaliza o aumento nos incentivos para o comportamento usurpador de energia por parte de clientes de Codensa. Dentro dos supostos de um monopólio natural, mostram-se as consequências do aumento de tarifas incorrido pela empresa para os seus clientes, diante de um aumento dos furtos de fluidos elétricos em Bogotá e algumas zonas de Cundinamarca. Mediante uma base de dados painel a escala do estabelecimento, se encontrou que a perda da faculdade sancionatória das ESP para clientes usurpadores gerou um aumento de 0,14 desvios padrão no furto de energia em média, correspondentes ao sobre custo que representa a demanda oculta comprada (equivalente a 8,487 giga watts-horas [GWh]), e que se socializa via tarifas.

Palavras chave

Economia do crime, regulação económica, dados painel

Introducción

Becker (1958) plantea que la esencia del enfoque económico del crimen es la decisión racional de las personas de cometer o no una acción criminal, al comparar los beneficios y los costos de ejercerla, y reconocer que los beneficios existen, y que para algunos agentes, estos beneficios son importantes. Asimismo, para quien comete actos delictivos y decide ser tomador del riesgo, es más importante la certeza del castigo que su magnitud.

El mercado eléctrico colombiano se enfrenta a diario a clientes hurtadores de energía, a los cuales combate a través de inspecciones en terreno, análisis de desviación de consumos de sus clientes, estudio de la tecnología empleada para la manipulación de equipos y, finalmente, acciones que lleven a la recuperación de la energía hurtada. A partir de 2008, la regulación ha presentado cambios orientados hacia la manera de remunerar la prestación del servicio vía tarifa (modificación de la fórmula tarifaria), y hacia la capacidad sancionatoria de las empresas comercializadoras del servicio cuando se comprueba hurto por parte de los clientes (modificación y eliminación de la posibilidad de sancionar por hurto de energía), lo cual conlleva mayores costos asociados a los programas de reducción de pérdidas adelantados por cada compañía.

Esta investigación es un estudio de caso sobre la empresa Codensa, la cual se ha consolidado como un referente en el mercado eléctrico, por su gestión en la reducción de pérdidas de energía en sus zonas de influencia. Así, este documento se divide en ocho secciones.

La sección 1 introduce los conceptos *economía del crimen* y *hurto de energía*. La sección 2 revisa lo más relevante de la literatura existente sobre la economía del crimen y los incentivos que tienen los agentes para delinquir. La sección 3 presenta todo lo relacionado con las pérdidas de energía eléctrica de Codensa. La sección 4 recoge las disposiciones legales que cobijan el delito de defraudación de fluidos, el régimen tarifario para el servicio de energía eléctrica, su evolución en los últimos años, así como los cambios en el régimen sancionatorio de las empresas de servicios públicos (ESP). En la sección 5 se construye el modelo teórico de monopolio natural del mercado de energía eléctrica al que se enfrenta Codensa, teniendo en cuenta la regulación vigente en materia de tarifas, régimen sancionatorio y hurto de energía. La sección 6 muestra el modelo empírico estimado, mediante la metodología de panel de datos, con mínimos cuadrados agrupados, efectos fijos, efectos aleatorios y primeras diferencias para 4042 establecimientos entre 2007 y 2012,

según las visitas técnicas realizadas por Codensa a sus clientes. En la sección 7 se realiza un análisis de costo-efectividad, donde se valora el costo que la sociedad en general asumió tras el cambio en el cálculo de la tarifa del servicio de energía eléctrica, siendo la remuneración de los programas de reducción de pérdidas un componente independiente de las actividades de generación y transmisión. En la sección 8 se presentan las conclusiones de la investigación.

Literatura sobre economía del crimen

Se han realizado múltiples estudios sobre los incentivos que tienen ciertas personas para cometer actividades delictivas, con miras a profundizar en la identificación de diferentes motivaciones o situaciones exógenas al individuo que lo inciten a delinquir, y en el efecto de las consecuencias o castigos del acto criminal, una vez detectado.

Para optar por la actividad criminal, existirá una propensión al incremento de su ejecución, si se elevan los beneficios del crimen. De forma similar, si la probabilidad de ser capturado baja, o se reduce la pena si se es arrestado, entonces se generará una menor percepción de la creencia de que no es beneficioso cometer un crimen.

Un estudio realizado por Dilulio (1996) supone que en el modelo planteado de crimen y castigo para un agente principal, su actitud racional y egoísta es la que determina su comportamiento como una respuesta óptima a los incentivos establecidos. Por lo tanto, un sistema de sentencias óptimas implica sanciones severas y una mayor disuasión para entrar a la actividad criminal.

En relación con el castigo a la actividad criminal, Becker (1968) menciona que para el caso de las multas utilizadas como castigo, un uso racional de estas requiere un conocimiento de los daños y beneficios marginales, aprehensión marginal y costos de convicción. El autor añade que las multas tienen varias ventajas sobre otros castigos: conservan los recursos, compensan a la sociedad, castigan a los delincuentes y simplifican la determinación del óptimo de probabilidad de detención y el castigo.

La principal contribución del ensayo de Becker (1968) es demostrar que las políticas óptimas para combatir el comportamiento ilegal son parte de una asignación óptima de recursos, puesto que la economía se ha desarrollado para controlar la asignación de aquellos, y requiere un marco económico aplicable, que brinde herramientas para enriquecer el análisis del comportamiento ilegal.

Por otra parte, Bourguignon (1999) se refiere al control directo que los diseñadores de política pueden tener por medio de la severidad de las sanciones impuestas por el sistema judicial y la probabilidad de detección del crimen, determinada a su vez por el gasto público destinado a la fuerza policial. Freeman (1999), en su exposición sobre la economía del crimen, menciona que, dados los altos niveles de delincuencia, no es de extrañar que la prevención del delito sea una actividad económica importante.

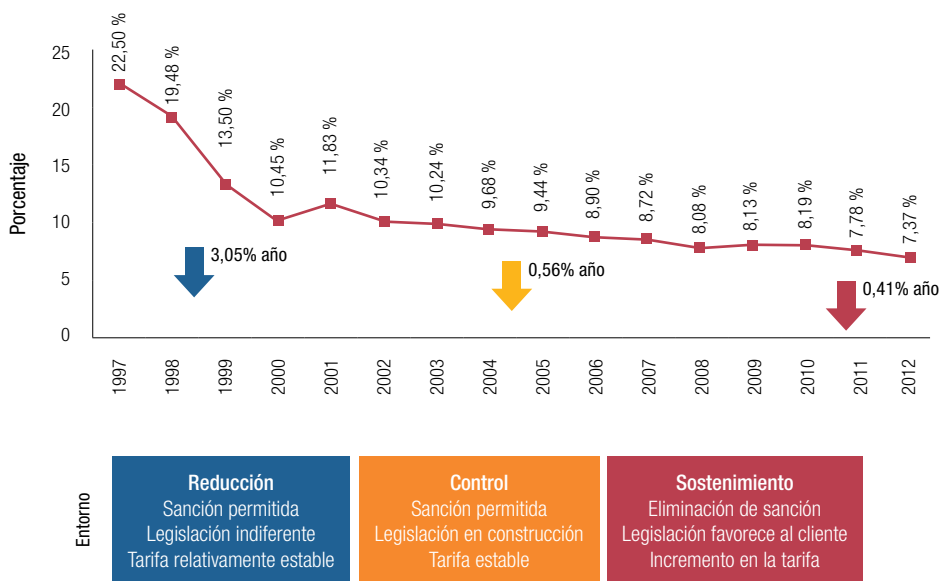
Dado que la delincuencia perjudica a las víctimas física y económicamente, el Estado y los individuos gastan considerables recursos tratando de prevenir el delito. La optimización de la producción individual o social requiere que ejerzan estas actividades solo hasta el punto donde el valor marginal de la reducción de la delincuencia es igual al costo marginal de la actividad de prevención del delito (Freeman, 1999).

Hechos estilizados

Codensa inició su operación como empresa distribuidora y comercializadora de energía el 23 de octubre de 1997, prestando sus servicios para la zona de Bogotá, 94 municipios de Cundinamarca, uno de Boyacá y otro de Tolima. A partir de ese momento, estableció como prioridad la necesidad de analizar el origen y el comportamiento de las pérdidas de energía, dado que, en 1997, el índice de pérdidas era del 22,50%. Así, Codensa inició un plan intensivo de reducción del índice, acorde con la dinámica del mercado, teniendo en cuenta la necesidad de garantizar la viabilidad y rentabilidad del negocio, así como de mejorar la calidad del servicio, garantizando la cobertura en las zonas de influencia.

Las pérdidas de energía registradas para Codensa presentaron una reducción anual cercana al 3,05%, entre 1997 y 2003, debido, en parte, a la existencia del régimen sancionatorio, que permitía recuperar el costo de la energía a través de multas a los clientes que fueran sorprendidos hurtando energía, así como al comportamiento estable de la tarifa cobrada por el servicio, la cual difícilmente permitía a las empresas cubrir sus costos marginales. Sin embargo, a partir de 2001, y hasta 2007, inició una etapa de control de las pérdidas, gracias a un entorno regulador favorable, teniendo en cuenta que en 2001 se implementó una fórmula tarifaria que permite evaluar el impacto económico de las pérdidas de energía asumida por los comercializadores, tal como lo muestra la figura 1.

Figura 1. Evolución del Índice de Pérdidas para Codensa SA ESP



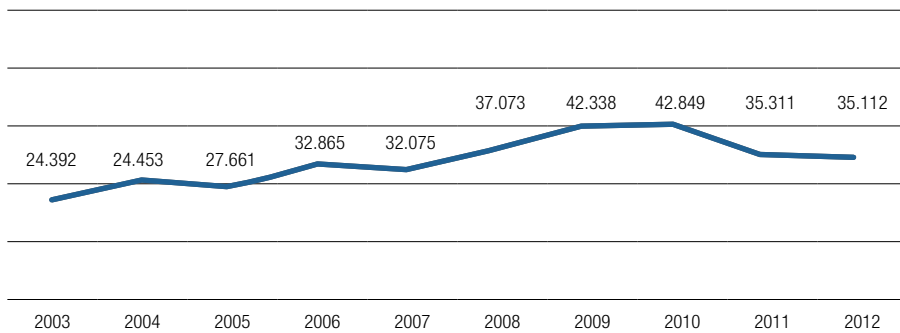
Fuente: Codensa SA ESP, perspectiva macroeconómica 2009-2012.

De 2007 en adelante, la empresa se ha enfrentado a un sostenimiento de las pérdidas de energía, dadas las variaciones en materia regulatoria que se presentan en el mercado, como la eliminación de la facultad sancionatoria, el incremento tarifario y el nuevo cálculo implementado, lo cual buscó que los clientes reaccionaran frente a los costos asociados al cargo tarifario, aunque la legislación tuvo en cuenta la protección del consumidor, a través de análisis de casos y resoluciones a favor de los clientes, algunos de ellos considerados hurtadores —o hurtadores potenciales— por parte de Codensa.

A nivel presupuestal, en la figura 2 se aprecia el costo del proyecto Pérdidas de Energía para Codensa, entre 2003 y 2012, a precios corrientes, lo cual muestra que el costo asociado a los planes para combatir y disminuir el hurto de energía aumentó hasta 2010. A partir de 2011, se presenta una disminución, como consecuencia de una menor asignación presupuestal, dado que la relación costo-beneficio del índice de pérdidas de la compañía era menor cada día.

Con la implementación de los planes operativos anuales, Codensa buscó mejorar la identificación y el seguimiento oportuno de las zonas y clientes con hurto reincidente, así como la consolidación de una mayor presencia en terreno para la detección de subregistros de energía, y para asegurar la ejecución de medidas técnicas que protegieran la infraestructura ante la manipulación de los agentes hurtadores (clientes).

Figura 2. Costo del proyecto de pérdidas de Codensa en millones de pesos corrientes (2003-2012)



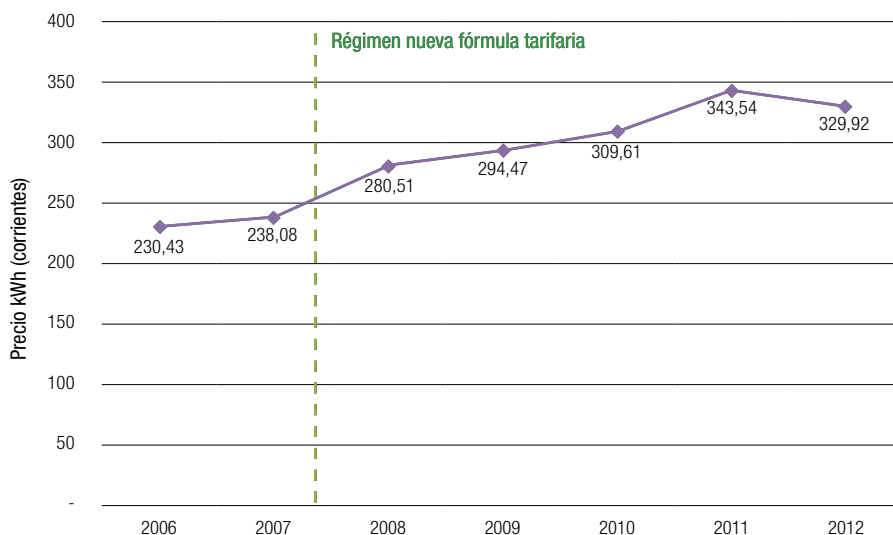
Fuente: Codensa SA ESP.

Disposiciones legales

Evolución del precio del kilovatio hora

En la figura 3 se presenta la evolución del precio del kilovatio hora en pesos corrientes. A partir de 2008, periodo en el cual es modificado el cálculo de la fórmula tarifaria, se observa una tendencia creciente del precio hasta 2012, cuando existe una disminución de 13,62 pesos por kilovatio hora. De esta manera, es posible apreciar dos periodos: el primero de ellos, entre 2006 y 2007, regido por la anterior fórmula tarifaria, con una tendencia relativamente estable, y el segundo, entre 2008 y 2012, con la aplicación de la nueva fórmula tarifaria.

Figura 3. Evolución del precio de la energía eléctrica por kilovatio hora

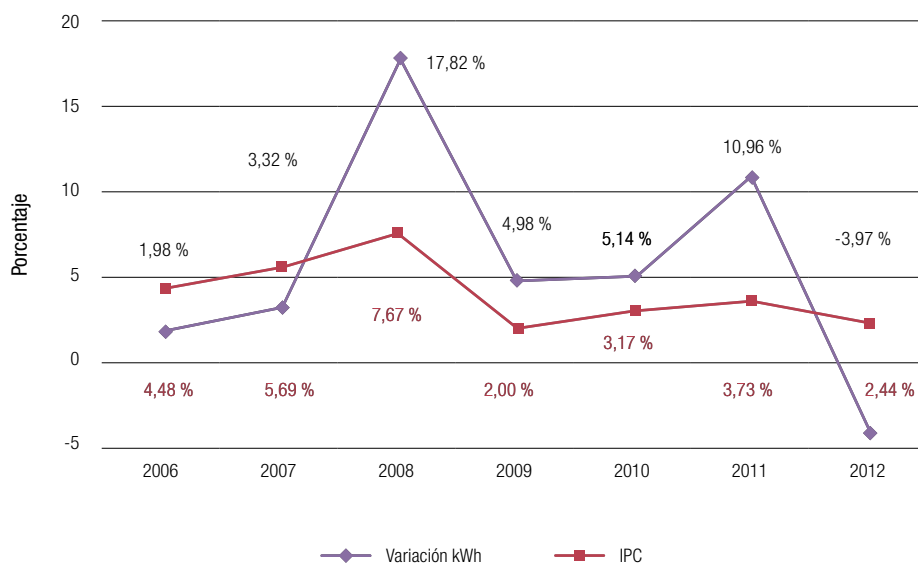


Fuente: Codensa SA ESP.

Desde otro punto de vista, la figura 4 presenta las variaciones del precio del kilovatio hora y del Índice de Precios al Consumidor (IPC), calculado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane), teniendo en cuenta que la inflación se encuentra incluida en el cálculo del precio de los servicios públicos.

Entre 2008 y 2010, la tarifa del kilovatio hora aumentó entre dos y cuatro veces la variación del IPC; para 2011, cerca de tres veces, y para 2012, presenta una relación diferente, dada la disminución en el precio del kilovatio hora para este periodo. Según el análisis estadístico de los componentes de la tarifa, los incrementos presentados durante el periodo 2007-2012 se explican, en primer lugar, por el componente *generación* (G), con un peso del 57%, directamente relacionado con el comportamiento de la demanda de energía eléctrica para el mismo periodo; en segundo lugar, se ubica el componente *distribución* (D), con un 22% de participación en el incremento del precio del kilovatio hora, y en tercer lugar, el componente *pérdidas remuneradas*, con un 9% de participación. Las variaciones en los demás componentes (T, O y C) explican el 12% de la variación del precio del kilovatio hora.

Figura 4. Variación del precio de energía eléctrica por kilovatio hora y del IPC en Colombia (2006-2012)



Fuente: elaboración propia con base en Codensa SA ESP y Dane.

Este tipo de variaciones genera un escenario más agresivo que los de los años anteriores (antes de 2007), en lo referente a la tendencia al hurto de energía, dado que puede brindar expectativas a los clientes de incrementos desmesurados en la tarifa, y, por lo tanto, convertirse en un incentivo hacia la práctica del hurto de energía.

Régimen sancionatorio

Durante una década (1997-2007), las ESP dispusieron de una facultad sancionatoria en los casos en que, dado un debido proceso, se comprobara que los clientes, a través de una manipulación de los equipos instalados para la prestación del servicio, hurtaran energía. La figura 5 permite mostrar la evolución de las decisiones

jurídicas que se presentaron al dudarse si legalmente las ESP debían ejercer esta facultad de sancionar.

236

Figura 5. Cambios en la disposición del régimen sancionatorio



Fuente: elaboración propia con base en Codensa SA ESP.

Como puede apreciarse, fueron varios los actores que intervinieron en la decisión de mantener o revocar la facultad sancionatoria de las ESP, entre ellas, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, la cual, en 2007, declaró que las ESP no tienen facultad para sancionar, difiriendo de lo proferido por el Gobierno Nacional a través del Plan Nacional de Desarrollo (PND), el cual permite el establecimiento de la facultad sancionatoria. En 2008, la Corte Constitucional interviene y profiere una sentencia donde declara inexecutable el artículo 105 del PND, y confirma la no facultad sancionatoria de las ESP.

Durante el tiempo que se mantuvo la facultad sancionatoria, la sanción correspondía a un monto equivalente al valor de la energía recuperada —se recuperaban hasta seis meses de la energía detectada como hurto sobre un cliente con anormalidad—. En caso de reincidencia, la sanción se duplicaba. Actualmente solo se permite la recuperación de hasta de cinco meses, y no hay sanción; por lo tanto, un cliente reincidente hoy en día tiene el mismo trato que un nuevo hurtador.

Contrario a los años anteriores a 2008, cuando el marco legal y regulatorio se encontraba estable, y ofrecía garantías para las actuaciones de control de pérdidas, a partir de 2009 ciertos cambios en el mercado se convirtieron en un problema

para el sostenimiento del nivel de pérdidas de las ESP (incluida Codensa). Así, de destacan la pérdida de su facultad sancionatoria y el incremento significativo de la tarifa a los clientes.

De otra parte, y como resultado de la Sentencia Unificada 1010 de la Corte Constitucional, Codensa debió realizar la devolución de todas las sanciones facturadas y no pagadas en el periodo de *duda sancionatoria* a 1261 clientes hurtadores, por un monto total de 2593 millones de pesos.

Modelo microeconómico de hurto de energía

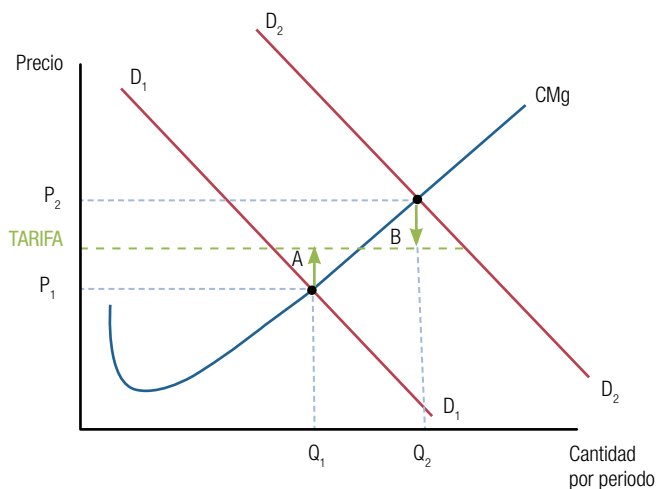
El modelo planteado supone la existencia de un monopolio natural creado por la regulación colombiana. En este caso, corresponde a la distribución y comercialización de energía eléctrica, bajo la estructura de costos marginales crecientes.

Para simplificar, se supone una demanda de energía para solo dos sectores: D_1 , que corresponde a la energía consumida del servicio no residencial, y D_2 , a la energía consumida del sector residencial; estos presentan precios o tarifas diferenciales, según su actividad comercial. El regulador establece una fijación de precios mediante el mecanismo de *price cap*, tarifas que incluyen los costos y la rentabilidad presunta del negocio para periodos tarifarios de cinco años.

De esta forma, bajo un escenario ideal (sin hurto de energía), el monopolio se enfrenta a una demanda de la forma $D_{Monopolio} = D_1 + D_2$, donde $D_{Monopolio}$ corresponde a las ventas totales de energía del mercado del monopolio natural (Codensa), y D_1 y D_2 , a las ventas registradas a través de los medidores de energía (facturación total de energía vendida). La figura 6 ilustra el mercado en el cual se aprecian las demandas agregadas de los sectores no residencial y residencial (D_1 y D_2 , respectivamente), que en conjunto establecen las ventas totales de energía del monopolio natural.

Figura 6. Dinámica del mercado de energía eléctrica del monopolio natural

238



Fuente: elaboración propia.

Se muestra a su vez la diferenciación de precios del kilovatio hora, según el tipo de demanda agregada, donde las ventas de energía del sector no residencial D_1 presentan un precio mayor, asociado a una tarifa eficiente, dada la aplicación de las contribuciones para este sector (actividad industrial y comercial). Por su parte, la demanda agregada D_2 del sector residencial se encuentra subsidiada, en términos regulatorios, por ser una actividad residencial (estratos 1, 2 y 3), lo cual hace que el precio al que se factura la energía sea menor vía tarifa. Además, se supone que Codensa presenta costos marginales crecientes como distribuidora de energía, debido a que la generación de esta la hace otra empresa.¹

¹ En la actualidad, el grupo Enel —a través de su filial Enersis— controla Codensa SA ESP (comercializadora y distribuidora de energía eléctrica) y Emgesa SA ESP (generación de energía eléctrica y comercialización en el mercado no regulado). Estas dos empresas surgen de un proceso de capitalización, a raíz de la crisis de la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá (EEEB), a finales de la década de los noventa.

Hurto en el mercado de energía de Codensa

En el mercado de energía eléctrica existen individuos amantes del riesgo, que se dedican al hurto de energía, delito que se considera un ahorro en sus costos de producción o un ingreso adicional.² Estos individuos, motivados por los beneficios esperados, toman la decisión de hurtar, teniendo en cuenta la probabilidad de que los aprehendan y multen. La existencia de pérdidas de energía genera una variación en la cantidad de energía suministrada por Codensa, así: $D_{Monopolio} > D_1 + D_2$.

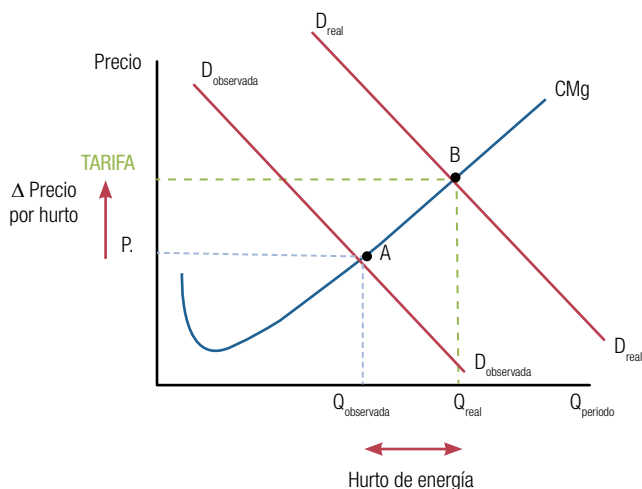
Esta desigualdad muestra la existencia de una “demanda oculta”, equivalente, en este caso, a la cantidad de energía hurtada en el mercado. Al normalizar la ecuación anterior, se asume que $D_{Monopolio} = D_1 + D_2 + D_p$, donde D_p corresponde a la energía consumida, no registrada en medidores y hurtada por los clientes. De esta forma, la figura 7 muestra los cambios en la demanda agregada para el sector residencial, y cómo el hurto aumenta la tarifa cobrada por Codensa. Asimismo, la diferencia entre la demanda real (compras de energía realizadas por la compañía) y la sumatoria de las demandas observadas en los dos sectores (ventas de energía registradas en medidores), correspondiente a la distancia A-B, muestra la energía hurtada por los clientes.

Esta diferencia hace también que se presente un efecto gradual del precio de mercado (hacia la tarifa), ya que la energía real consumida implica un mayor costo marginal, originado básicamente por los gastos que se destinan hacia la detección, corrección y prevención del hurto de energía, a través de los planes de reducción de pérdidas de las empresas. De esta manera, un régimen sancionatorio con menos multas generará un aumento de la brecha existente entre las dos curvas, y, con ello, un incremento de las pérdidas de energía del mercado, lo que lleva a la tarifa a un mayor valor de mercado.

2 El artículo 256 de la Ley 599 de 2000 (Código Penal) establece que el hurto de energía se eleva a la categoría de *delito autónomo*: “Defraudación de fluidos. El que mediante cualquier mecanismo clandestino o alterando los sistemas de control o aparatos contadores, se apropie de energía eléctrica, agua, gas natural, o señal de telecomunicaciones, en perjuicio ajeno, incurrirá en prisión de uno (1) a cuatro (4) años y en multa de uno (1) a cien (100) salarios mínimos legales mensuales vigentes”.

Figura 7. Mercado del monopolio natural bajo la existencia de hurto de energía

240



Fuente: elaboración propia.

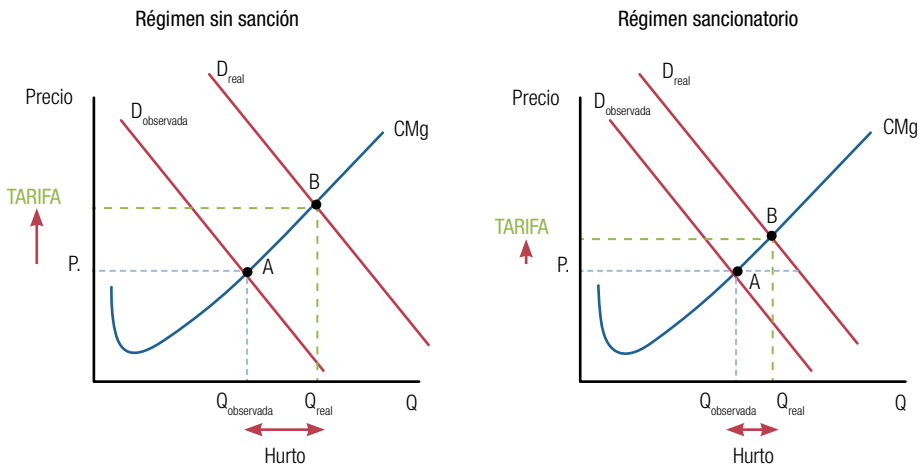
El efecto del régimen sancionatorio

Según los modelos de participación en actividades delictivas, la esencia del enfoque es la decisión racional de participar en aquellas, bajo el supuesto de que los beneficios obtenidos por la acción criminal son mayores a los costos de ejercerla. El régimen sancionatorio fue creado precisamente como una medida de coerción, para que los costos asociados al hurto de energía asumidos por el cliente hurtador se incrementaran, disminuyendo así los ingresos derivados de la acción criminal y desincentivando el hurto de energía.

En este caso, los agentes neutrales al riesgo deciden cometer una actividad de hurto de fluido eléctrico, bajo la consideración de que el ingreso esperado sea no negativo, resultado de la porción de demanda de la energía hurtada y el tiempo de duración del hurto, y valorado a la tarifa o precio de la energía en el periodo de hurto. Por su parte, los costos se componen del consumo de la energía consumida legalmente, y de los costos asociados a la manipulación de los equipos para el hurto de energía.

En este sentido, la disminución en las multas genera (*ceteris paribus*) mayores ingresos, esperados de hurtar energía para los clientes, y esto a su vez se manifiesta en una mayor brecha entre la demanda observada por Codensa en los contadores de energía y la energía efectivamente consumida por los clientes. Para ilustrar los efectos agregados a la sanción, la figura 8 muestra el comportamiento del mercado bajo la existencia y eliminación del régimen sancionatorio.

Figura 8. Análisis bajo régimen sancionatorio del hurto de energía



Fuente: elaboración propia.

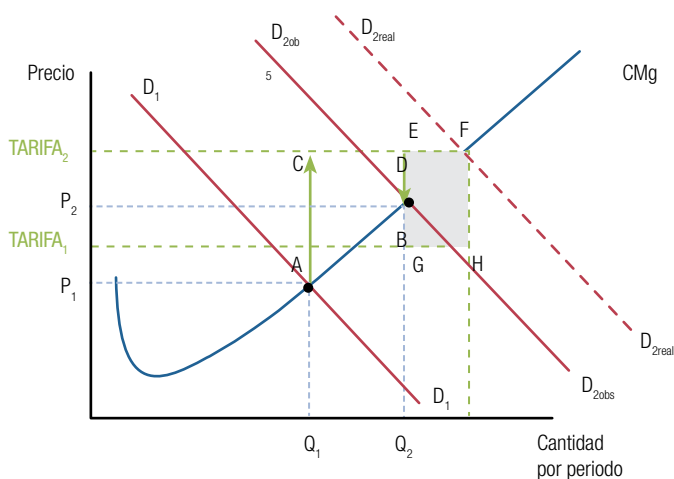
Bajo el régimen sancionatorio, es posible apreciar dos efectos importantes. Primero, se presenta una disminución de la energía hurtada, dado que los beneficios asociados a dicha acción son menores; además, esta actividad se torna más costosa, pues no se cobrará solo al cliente hurtador el valor del consumo ilegal (bajo régimen no sancionatorio), sino una sanción adicional, equivalente a la energía hurtada, lo cual puede asimilarse a una mayor multa o a un castigo para el cliente hurtador. Segundo, el costo de la tarifa disminuye junto con las pérdidas de energía, lo que se refleja en que la sociedad deberá asumir un menor valor de las pérdidas, vía tarifa. De esta forma, el cliente hurtador tendrá menores incentivos para hurtar, dado que su servicio de energía no sería tan costoso, y, racionalmente, seguiría disminuyendo sus ingresos asociados al hurto de energía (menores incentivos).

Pérdida de bienestar social sin régimen sancionatorio

242

Dentro del modelo microeconómico, con un mercado de energía eléctrica sin régimen sancionatorio, se consideran dos sectores que demandan energía: D_1 y D_2 , donde se supone, para simplificar, que en el sector D_2 se presentan casos de hurto de energía. En la figura 9 se observa que el mercado cuenta inicialmente con una tarifa establecida bajo la regulación denominada *tarifa₁*, con subsidios (punto A) y contribuciones (punto B) entre los sectores. Cuando se presenta hurto de energía, la demanda de este sector D_2 se traslada hacia la derecha, mostrando la demanda oculta del hurto (D_{2real}).

Figura 9. Pérdida de bienestar por hurto de energía



Fuente: elaboración propia.

Al existir un cambio de tarifas, el precio del regulador se incrementa a la *tarifa₂*, bajo unos costos marginales crecientes del monopolio natural, e incrementados por los costos de los proyectos de detección y recuperación de pérdidas de energía. Existe, a su vez, un incremento en las contribuciones del mercado (pasan del punto A al punto C), dada la nueva tarifa, junto con un mayor nivel de subsidios (pasan de punto B al punto D).

El área EF-GH corresponde al hurto de energía, lo que equivale a una pérdida de bienestar social, ante la demanda real agregada presentada por el sector residencial (D_{2real} , incluyendo hurto de energía). Esto se da porque las pérdidas de energía son socializadas entre el total de clientes del mercado de energía eléctrica, a través del incremento de la tarifa (de $tarifa_1$ a $tarifa_2$), y dejan de ser asumidas (pagadas) de forma exclusiva por los clientes hurtadores, bajo la existencia de un régimen no sancionatorio.

Modelo econométrico

Con el fin de verificar si la pérdida de poder sancionatorio de Codensa es compatible con un aumento en el hurto de energía, según lo concluido dentro de la economía del crimen y del modelo microeconómico de monopolio ya expuesto, se construyó un panel de datos balanceado, con el fin de estimar diferentes modelos bajo mínimos cuadrados agrupados, efectos fijos, aleatorios y primeras diferencias, entre otros.

Los datos utilizados para la estimación del modelo fueron suministrados por Codensa,³ para el periodo 2007-2012, correspondientes a las visitas realizadas a sus clientes, y clasificados con pérdida y sin pérdida de energía, según el resultado obtenido en dichas visitas.

Especificación

Se tuvo acceso a 1.080.634 inspecciones técnicas, y se seleccionaron 4042 clientes, los cuales tuvieron visitas en todos los años del periodo mencionado. Así, el panel de datos construido tiene 24.252 observaciones, correspondiente a seis periodos (2007 a 2012) y 4042 establecimientos. El modelo de efecto inobservado, constante en el tiempo, con intercepto cambiante a través de establecimientos, *dummies* de tiempo y coeficientes constantes, es el siguiente (ecuación 1):

³ Se agradece al ingeniero Jorge Alberto Cuéllar González, subgerente de Mantenimiento de Obras MT/BT de Codensa SA ESP, por brindar acceso a la información estadística utilizada en esta investigación.

Para $i = 1, \dots, N$; $t = 1, \dots, T$, siendo i la variable establecimiento, y t la variable tiempo:

$$244 \quad Hurto_{it} = \alpha + \alpha_i + \beta RS_{it} + \delta_1 P_{it} + \delta_2 T_t + \delta_3 P_{it-1} + Z_{it} \delta_4 + u_{it} \quad (1)$$

Siendo:

- $Hurto_{it}$: la variable dependiente hurto, construida para los clientes de Codensa, teniendo en cuenta la ecuación 2:

$$Hurto_{it} = perdida_{it} * carga_{it} * tiempo * factor_{it} \quad (2)^4$$

- RS_{it} toma el valor de uno (1), bajo régimen sancionatorio (años 2007 y 2008), y de cero (0), en los años siguientes, teniendo en cuenta este cambio estructural;
- P_{it} es el precio promedio anual del kilovatio de energía;
- P_{it-1} incluye un rezago del precio promedio anual del kilovatio de energía;
- T_t es una variable de tendencia lineal que toma el valor de 1 para 2007, 2 para 2008, y así sucesivamente;
- Z_{it} es la matriz de características de cada establecimiento, como la localidad de Bogotá en que está ubicado, el año de la inspección técnica realizada, el estrato socioeconómico asociado;
- α_i representa inobservables constantes en el tiempo, asociadas al tipo de establecimientos (residencial, industrial, comercial, oficial);
- u_{it} representa el término de error de variables omitidas idiosincráticas que afectan el hurto de energía y que no están correlacionadas con RS_{it} ;
- N es igual a 4042 establecimientos;
- T es el periodo de tiempo comprendido entre 2007 y 2012.

4 Donde: $perdida_{it}$ es una variable dicotómica que toma el valor de 1, si hubo pérdida de energía, según la inspección de Codensa; $carga_{it}$ es el valor de transferencia de un equipo en un momento dado, y permite identificar el hurto potencial que tiene cada cliente; $tiempo$ es el número de horas del servicio de energía que pueden recuperarse a nivel regulatorio, una vez sea detectado y corregido el hurto. Este valor es igual para todos los establecimientos, y corresponde a 720 horas; $factor_{it}$ está asociado a la clase de servicio por tipo de cliente (residencial, comercial, industrial u oficial). Toma el valor de 0,2 para los clientes residenciales, y de 0,3 para los clientes comercial, industrial y oficial.

El signo esperado para el coeficiente asociado a RS_{it} ($\beta < 0$) es negativo, lo cual significa que bajo el régimen sancionatorio hubo menos hurto de energía en promedio, relativo al periodo cuando se abolió este régimen, controlado por las variables independientes consideradas.

Estimaciones

Se estima un modelo inicial de efecto inobservado, constante en el tiempo, con intercepto cambiante, a través de individuos (establecimientos), *dummies* de tiempo y coeficientes constantes, como el siguiente (ecuación 3):

Para $i = 1, \dots, N$; $t = 1, \dots, T$, siendo i la variable establecimiento y t , la variable tiempo:

$$Hurto_{it} = \alpha + \beta RS_{it} + \delta_1 P_{it} + \delta_2 T_t + \delta_3 P_{it-1} + Z_{it} \delta_4 + u_{it} \quad (3)$$

Los estimadores asociados a las variables régimen sancionatorio (RS_{it}) y precio promedio del kilovatio hora de energía rezagado, así como la variable de tendencia, son significativos al 5% (tabla 1). Se obtiene un valor menor que cero (negativo) para el coeficiente asociado a la variable RS_{it} , lo que indicaría que antes de 2008 (bajo régimen sancionatorio), el hurto de energía fue menor en promedio al periodo donde se abolió el régimen descrito (2008 en adelante). De igual manera, el signo asociado al precio promedio de energía es positivo ($\delta > 0$), lo que demuestra que el hurto de energía potencial es mayor ante aumentos en el precio promedio al mes del kilovatio hora. En cuanto al signo de la variable de tendencia ($\delta_2 < 0$), este es negativo, porque en el periodo analizado, los hurtos han venido disminuyendo, dado que las empresas de servicios públicos utilizan mejor sus recursos para detectar el comportamiento delictivo de los agentes criminales.

Tabla 1. Estimación del modelo de hurto de energía inicial y con interacción por tipo de establecimiento

Tipo de estimador	Estimación inicial			Modelos con interacción de establecimientos				
	MC agrupados	Ecuación (3)		Primera diferencia	Ecuación (4)		Ecuación (5)	
		Efectos fijos	Efectos aleatorios		Efectos fijos	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Efectos aleatorios
Régimen sancionatorio	-6080,80 [3257,9]	-6081,0* [1882,3]	-6080,85* [2176,0]	-6813* [1619,6]	-6444,0* [956,7]	-9032,6* [725,9]	-3215,40 [1810,6]	-3213,00 [2160,9]
Tendencia lineal	{3500,4}	-3333,0* [942,3]	{-3332,53* [844,8]	{-312* [895,1]	-2178,3* [737,8]	-2178,3* [453,3]	-3332,53* [942,3]	-3332,50* [844,4]
Precio promedio del kilovatio de energía hora	26,705 [83,9]	26,71 [53,4]	26,7 [55,3]	59,25 [45,5]	103,0* [40,6]	103,0* [24,3]	26,71* [53,4]	26,7 [55,2]
Precio promedio del kilovatio de energía hora rezagado	{77,6}	--	{53,4}	{55,9}	--	--	--	--
Estrato	104,8 [103,7]	105,0* [51,0]	104,7* [67,1]	73,01 [48,3]	104,79* [51,0]	104,79* [51,0]	104,8 [67,1]	104,8 [67,1]
Localidad	1,225* [88,7]	--	1,224,7* [172,0]	--	--	--	--	--
Dummy industrial * regimen sancionatorio	{141,0}	--	{167,6}	--	--	--	--	--
	-59,8 [33,7]	--	-59,75 [66,4]	--	--	--	--	-77 [68,6]
	{32,8}	--	{62,5}	--	--	723,9	-3966,2* [990,7]	-4334,7* [1163,4]

Dummy oficial * regimen sancionatorio	--	--	--	-18,295* [6325,4]	-5323 [4971,8]	-18,294* [6325,5]	-12,495* [5098,5]
Dummy comercial * regimen sancionatorio	--	--	--	-8492* [1440,6]	-2328* [954,7]	-8491* [1440,7]	-8,533* [1323,5]
Constante	-18,203*	-13,314,00	-18,203,1*	-8089,30 [8611,1]	-8089,30 [5255,2]	-13,314,00 [9147,6]	-22,537,7* [6169,2]
R ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Núm. observaciones (NT)	24,252	24,252	24,252	24,252	24,252	24,252	24,252
No. establecimientos (N)	--	4042	4042	4042	4042	4042	4042
No. grupos (T)	--	6	6	6	6	6	6
estadístico χ^2 (Wald)	52,4	118,1	458,2	79	443	72,9	443
Valor p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Probabilidad χ^2 (Breusch-Pagan)	0,0001	0,0001	0,0001	--	0,0001	--	0,0001
Probabilidad χ^2 (Hausman)	--	0,99	0,99	0,0001	--	0,0001	--

Nota: la variable dependiente es Hurto_{it}, de las ecuaciones (3), (4) y (5). Entre paréntesis cuadrados, se reporta el error estándar robusto y, entre llaves, el error estándar por clúster a nivel de establecimientos. La significancia estadística al 5 % se indica con *. La significancia global de los coeficientes estimados para los modelos de efectos aleatorios utiliza el test de Wald (distribución χ^2) y, para el resto de estimaciones bajo homocedasticidad, el test bajo la distribución F. El valor p del test de Breusch-Pagan se indica en la tabla. El coeficiente de autocorrelación estimado para el modelo de la ecuación 3 es de -0,01.

Fuente: elaboración propia con base en Stata 10.0.

Bajo el test de Hausman,⁵ las estimaciones por efectos fijos y aleatorios son estadísticamente iguales, lo que sugiere que la estimación por efectos aleatorios es la preferida. Así, bajo efectos aleatorios, cinco de los siete estimadores son significativos al 5 %. Lo anterior permite aproximarse a lo expuesto en las secciones anteriores, donde el hurto potencial de energía es mayor bajo la no existencia de un régimen sancionatorio, y en la cual el precio de energía observado es una de las variables para que los establecimientos consideren la posibilidad de hurtar. Por otra parte, la prueba de Breusch y Pagan (1980) permite verificar si el modelo econométrico presenta heterocedasticidad, lo que implica que se deben reportar errores estándar robustos.

Greene (1999) señala que, bajo efectos aleatorios, es posible la existencia de autocorrelación de primer orden en el término de error, lo que conlleva a tener errores estándar inválidos, aun si se utilizan los robustos a heterocedasticidad. Una forma simple de detectar si existe correlación serial en el término de error es realizar una prueba de autocorrelación serial para $u_{it} = \rho u_{i,t-1} + \omega_{it}$, donde se supone que puede venir de un proceso autorregresivo de orden 1, conocido como AR (1). No se encuentra evidencia de la existencia de correlación serial de tipo AR (1). A pesar de esto, se reportan errores estándar por clúster a escala de establecimiento, para tener validez en la inferencia estadística, por la posible presencia no detectada de autocorrelación de orden superior a uno, que podría aparecer en el término de error.

Así, bajo régimen sancionatorio, el hurto potencial de energía es menor, pues según el modelo de economía del crimen considerado líneas atrás, los establecimientos temen ser detectados, pues el costo de la sanción superaría los beneficios obtenidos de no pagar su consumo total de energía. En este sentido, el efecto marginal de la eliminación del régimen sancionatorio es un aumento en 0,14 desviaciones estándar del hurto, en promedio.

Lo anterior es compatible con el argumento de que el cambio en la legislación mostró que al no existir sanción para los establecimientos que cometen el delito de defraudación de fluidos, el hurto potencial es mayor en promedio, y significativo en términos prácticos, debido a que 0,14 desviaciones estándar no es un

⁵ El valor p asociado al estadístico χ^2_k estimado es mayor al 5 % de significancia, lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, los estimadores de efectos aleatorios —que son por construcción más eficientes— se prefieren bajo el supuesto de exogeneidad estricta, lo cual es una condición suficiente para obtener estimadores consistentes.

valor pequeño, por un cambio regulatorio. Se presume que este aumento en los incentivos para hurto de energía ha aumentado la inversión que tienen que hacer las empresas de servicios públicos para detectarlo, pues el hurto cada vez se ha hecho más sofisticado, y los beneficios de cometer el delito son mayores a los costos en que se incurren por violar la ley, bajo el régimen no sancionatorio que prevalece en la actualidad.

Sumado a lo anterior, el comportamiento de los establecimientos no solo se ve afectado por la legislación existente, sino que también parecen tener en cuenta el precio del kilovatio de energía como una variable relevante a la hora de tomar la decisión de cometer el delito.

Estimaciones adicionales

Bajo magnitud de hurto

La totalidad de la base de datos utilizada es de 24.252 observaciones. La variable *hurto* presenta un valor de cero en el 59,2% del total, es decir, no se detectó un hurto en casi el 60% de los establecimientos. Asimismo, como todos los establecimientos que hurtan energía no lo hacen en la misma magnitud, se realizaron tres estimaciones, excluyendo algunos clientes, considerados atípicos.

En la primera estimación, se excluyen 33 observaciones de establecimientos que tienen un hurto mayor a 300.000 kWh. Los signos y la significancia de los coeficientes estimados son iguales a los del modelo (4); en la segunda estimación, se tomaron los establecimientos que tienen hurto potencial menor a 100.000 kWh (se excluyen 299 observaciones), y las conclusiones del modelo global se mantienen. En la tercera estimación, se tomaron los datos del 80% de la base de datos (se excluyen 2669 observaciones), teniendo como punto de corte un valor de 18.000 kWh en el hurto potencial. Los resultados se repiten en términos de signos y significancia, lo que permite concluir que las estimaciones del modelo (4), bajo efectos aleatorios, son robustas a la luz de la base de datos utilizada.

Interacción de establecimientos

Con el fin de reafirmar los resultados por establecimiento —y dada la posible heterogeneidad existente entre los diferentes tipos de establecimiento—, se estima el modelo (4), bajo efectos fijos y aleatorios, donde se adicionan tres variables adicionales que caracterizan el tipo de establecimiento y su interacción con la variable RS_{it} , tal como se expresa matemáticamente en las ecuaciones 4 y 5.

Para $i = 1, \dots, 4042$ y $t = 2007, \dots, 2012$.

$$\begin{aligned} Hurto_{it} = \alpha + \beta RS_{it} + \delta_1 T_t + \delta_2 P_{it} + \delta_3 (dind_{it} * RS_{it}) + \delta_4 (dof_{it} * RS_{it}) \\ + \delta_5 (dcom_{it} * RS_{it}) + u_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} Hurto_{it} = \alpha + \beta RS_{it} + \delta_1 T_t + \delta_2 P_{it} + \delta_3 P_{it-1} + Z_{it} \delta_4 + \delta_5 (dind_{it} * RS_{it}) \\ + \delta_6 (dof_{it} * RS_{it}) + u_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

Donde las variables regresoras que se incluyen son:

- $dind_{it}$: variable dicotómica que toma el valor de 1, si el establecimiento es del sector industrial, y de 0, en caso contrario.
- dof_{it} : es una variable dicotómica que toma el valor de 1, si el establecimiento es del sector oficial, y de 0, en caso contrario.
- $dcom_{it}$: es una variable dicotómica que toma el valor de 1, si el establecimiento es del sector comercial, y de 0, en caso contrario.

Cada una de las variables mencionadas interactúa con la variable RS_{it} dentro del modelo, con el fin de capturar el efecto marginal que tiene el régimen sancionatorio, el cual puede diferir por tipo de establecimiento, siendo el establecimiento residencial la referencia. Así, el hurto potencial de energía es mayor bajo la no existencia de un régimen sancionatorio para los clientes industriales, comerciales y oficiales, y relativo a los clientes residenciales.

En el modelo (ecuación 5), bajo efectos aleatorios, el resultado de la no existencia de un régimen sancionatorio (RS_{it}) sobre el $hurto_{it}$ para los clientes residenciales es de 3213 unidades, en valor absoluto (tabla 2). Así, el efecto total en valor absoluto para los clientes industriales, oficiales y comerciales es de 7547; 15.708 y 11.746,

respectivamente.⁶ En este sentido, el efecto marginal de los establecimientos industriales, oficiales y comerciales, relativo a los establecimientos residenciales, es mayor en 4335, 12.495 y 8533 unidades de la variable $hurto_{it}$, de manera correspondiente. Lo anterior sugiere la necesidad de que exista un régimen sancionatorio diferenciado para establecimientos residenciales y no residenciales (industriales, oficiales y comerciales), debido a que el hurto parece ser más sensible en este último tipo, que en los hogares.

251

Modelo de probabilidad lineal

Con el fin de caracterizar el comportamiento de los establecimientos, se realizó la estimación de un modelo de probabilidad lineal, pero cambiando la variable dependiente, la cual es $hurtador$, que toma el valor de 1, si el establecimiento es calificado como hurtador, y de 0, en caso contrario (ecuación 6), según el resultado de las inspecciones técnicas realizadas por Codensa para los 4042 establecimientos, entre 2007 y 2012.

$$Hurtador_{it} = \alpha + \beta RS_{it} + \delta_1 P_{it} + \delta_2 T_t + \delta_3 P_{it-1} + Z_{it} \delta_4 + u_{it} \quad (6)$$

6 Este valor corresponde a la suma de los estimadores asociados a RS_{it} y su interacción por establecimiento (*dummy* por tipo multiplicada por RS_{it}).

Tabla 2. Estimación del modelo de probabilidad lineal

Tipo de estimador	MC agrupados	Efectos fijos	Efectos aleatorios
Régimen sancionatorio	-0,141* [0,03177] {0,02935}	-0,141* [0,02935] {0,02935}	-0,141* [0,03021] {0,00293}
Precio kWh de energía	0,00112 [0,00095] {0,00088}	0,00112 [0,00087] {0,00090}	0,00112* [0,0009] {0,0008}
Precio kWh de energía rezagado	-0,0015* [0,00071] {0,00066}	-0,0015* [0,00067] {0,00066}	-0,0015* [0,00068] {0,00067}
Localidad	0,0013* [0,00049] {0,00059}	-- -- --	0,0013* [0,00059] {0,00060}
Estrato	0,016* [0,00114] {0,00139}	-- -- --	0,016* [0,00138] {0,00138}
Constante	0,5177* [0,06309] {0,05865}	0,6077* [0,05764] {0,05764}	0,5177* [0,06024] {0,05865}
R ²	0,0217	0,0176	0,0176
N.º de observaciones (N)	24,252	24,252	24,252
N.º de establecimientos (n)	N/A	4042	4042
N.º de grupos (T)	N/A	6	6
Estadístico χ^2 (Wald)	110,75	115,83	506,03

Nota: la variable dependiente es $Hurtador_{it}$ (ecuación 7), que toma el valor de 1, si el establecimiento es calificado como hurtador, y de 0, en caso contrario, según las inspecciones de Codensa. Entre paréntesis cuadrados y llaves, se reportan el error estándar robusto y el error estándar por clúster a nivel de establecimientos, respectivamente. La significancia estadística al 5% se indica con *.

Fuente: elaboración propia con base en Stata 10.0.

El coeficiente asociado a la variable régimen sancionatorio (RS_{it}) es negativo ($\beta < 0$), dado que los establecimientos deben hurtar menos ante la existencia de este régimen. La variable RS_{it} toma el valor de 1 antes del cambio de régimen (2007

y 2008, cuando las ESP de energía eléctrica podían sancionar a sus clientes ante detecciones de hurto), y de 0, en los años posteriores a dicho cambio. Así, cuando existe régimen sancionatorio, los establecimientos hurtan con un 0,14 % menos de probabilidad, en promedio.

Por consiguiente, el análisis del hurto de energía bajo los postulados teóricos de la economía del crimen ha permitido confirmar el aumento en el hurto de fluidos eléctricos luego del cambio del régimen sancionatorio. En este sentido, se comprueba la hipótesis de esta investigación: “La pérdida de la facultad sancionatoria por parte de Codensa para clientes que son detectados hurtando energía eléctrica ha generado mayores incentivos en el mercado para cometer defraudación de fluidos (por ejemplo, el delito de hurto de energía)”.

Impacto de los cambios regulatorios en el bienestar social

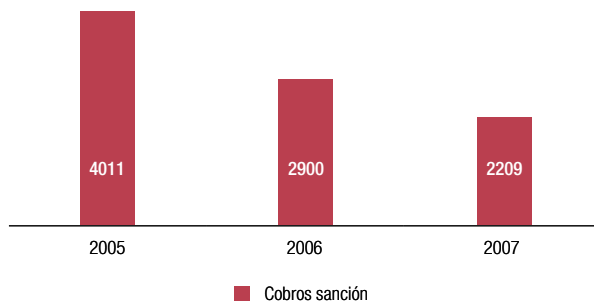
Como se menciona en los resultados del modelo empírico propuesto para el desarrollo de la investigación, cuando no existe régimen sancionatorio fuerte, el porcentaje de hurtos de energía por parte de los establecimientos se incrementa en un 14 %, lo que sugiere que este tipo de cambios afecta el comportamiento del mercado de energía eléctrica. Estos resultados confirman la dificultad actual de detectar y corregir los hurtos de energía, que progresivamente cuentan con una importante tecnificación y calificación, pues existen incluso “bandas organizadas” dedicadas a promover diferentes modalidades de fraude.

La figura 10 presenta la evolución de los cobros realizados por Codensa, correspondientes a los cargos por sanción de los clientes hurtadores. Estos cobros se encuentran estimados en promedio para el 67 % del total de los cobros facturados por recuperación de energía. A partir de 2008, y ante los cambios del régimen sancionatorio, la compañía dejó de percibir los ingresos asociados a sanción por concepto de recuperación de energía hurtada, valores que eran pagados por los clientes hurtadores.⁷

7 Para estimar estos ingresos, se toman los valores facturados por concepto de recuperación de energía durante el periodo 2008-2012, y se multiplican por el factor mostrado para 2007 en cuanto a la participación de los montos facturados por sanción frente al total del costo de energía recuperada, el cual corresponde a un 67 %.

Figura 10. Cobros imputados por sanción al hurto de energía
(En COP millones constantes a 2007)

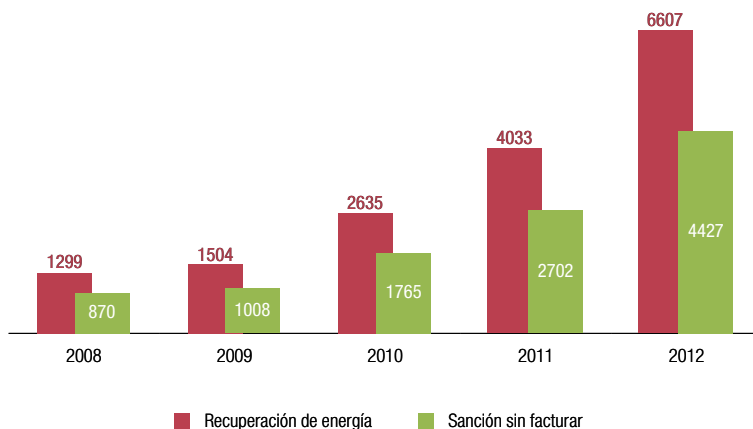
254



Fuente: Codensa SA ESP.

La figura 11 muestra las sanciones dejadas de facturar en cada periodo, a precios constantes de 2012. El total de sanciones dejadas de percibir por Codensa —debido a la eliminación del régimen sancionatorio— corresponde a 10.772 millones de pesos, a precios constantes de 2012.

Figura 11. Sanciones dejadas de facturar por parte de Codensa (2008-2012), en COP millones constantes 2012



Fuente: elaboración propia con base en Codensa SA ESP.

Dada la existencia de una mayor propensión al hurto, luego de la eliminación del régimen sancionatorio, en esta parte se cuantifica la pérdida de bienestar social mostrada en el modelo de monopolio, donde se realiza un cálculo general del impacto de las pérdidas de energía vía tarifa, lo cual afecta la capacidad adquisitiva de la sociedad. Para el cálculo mencionado, se toma como base la Resolución Creg 119 de 2007, la cual especifica la remuneración de cada uno de los componentes de la fórmula tarifaria.

En este caso, se concede una atención especial al componente G (generación de energía), ya que, como se mencionó, es el componente más importante a la hora de determinar los incrementos del precio del kilovatio hora, y se estima teniendo en cuenta la demanda de energía y las compras realizadas por los comercializadores.

En el modelo microeconómico planteado se mencionó la existencia de una “demanda oculta”, relacionada directamente con las pérdidas de energía. Esto hace que el nivel de compras de energía sea mayor, a fin de cubrir la demanda observada (energía vendida en medidores) y las pérdidas de energía (hurto); por ende, hace que los costos asociados también sean mayores.

En el cálculo del costo del componente G, se tiene en cuenta la relación entre la energía comprada entre contratos bilaterales y la demanda comercial regulada del comercializador. Para cuantificar lo expresado, se estima un nivel de pérdidas de energía del 12,75 %, reconocido según la regulación económica actual, lo cual genera un sobrecosto por el mismo porcentaje sobre el total de compras de energía por Codensa, y se multiplica por el costo del componente G, representado en la tarifa mensual. Para el periodo 2008-2012, este sobrecosto (demanda oculta comprada) corresponde a un total de 8487 GWh, que equivale a una cifra cercana a un billón de pesos a precios de 2012 (556 millones de dólares).

Conclusiones

Bajo el análisis del modelo empírico de hurto de energía para el mercado de Bogotá y algunos municipios de Cundinamarca entre 2007 y 2012, se observó un mayor hurto en promedio, debido a la disminución del poder sancionatorio de la empresa prestadora del servicio (Codensa), luego de 2008, compatible con el comportamiento racional de los agentes en la decisión de hurtar o no energía eléctrica, maximizando su beneficio económico, según los postulados planteados por Becker (1968), dentro de la economía del crimen.

Entre 2008 y 2012, el sector eléctrico presentó cambios estructurales, en términos de regulación, en el régimen sancionatorio y en el incremento de la tarifa del kilovatio hora, los cuales brindaron expectativas a los clientes respecto a la facilidad y rentabilidad del hurto de energía, razón por la que se convirtieron en un incentivo hacia la práctica de dicha actividad ilegal. Así, se comprueba empíricamente que cuando existe régimen sancionatorio, la probabilidad de que los establecimientos hurten se reduce en un 0,14 %, en promedio, lo cual corrobora la hipótesis planteada.

A escala microeconómica, se formaliza el hurto de fluidos como una “demanda oculta”, equivalente a la cantidad de energía efectivamente distribuida por el monopolio natural al mercado y no facturada. Se muestra cómo las pérdidas por hurto se pueden socializar a través de tarifas, lo que genera un menor bienestar para los clientes de dicho monopolio (en este caso, Codensa SA ESP).

Esta investigación sostiene que las sanciones frente al delito de defraudación de fluidos deben ser severas, con el fin de disuadir a los agentes criminales. En este sentido, la regulación existente debe cambiar y permitir la existencia de la facultad sancionatoria para las ESP, con la claridad de que debe existir un proceso apropiado, además de las garantías legales necesarias, tanto para las empresas de servicios públicos como para los clientes que cometan hurto. Debe existir una política de régimen sancionatorio para cada cliente no residencial, pues el hurto es mayor en cada uno de estos establecimientos, según las estimaciones realizadas.

Tras la eliminación del régimen sancionatorio, los ingresos dejados de percibir por Codensa se calcularon en 10.772 millones de pesos, a precios constantes de 2012, monto que los hurtadores de energía dejaron de pagar por sanciones. Ante la existencia de una mayor propensión al hurto, se calcula que la socialización de las pérdidas de energía y del bienestar de todos los clientes de Codensa es de un billón de pesos, a precios de 2012, que corresponde al sobre costo que representa la demanda oculta comprada (equivalente a 8,487 GWh), lo que lleva a concluir que el hurto de energía es perjudicial para el bienestar de la sociedad.

Referencias

- Arias, E. y Cadavid, J. (2004). La regulación económica de la distribución de la energía eléctrica. *Ecos de Economía*, 8(18), 101-139.
- Becker, G. (1968). Crime and punishment: An economic approach. *Journal of Political Economy*, 76(2), 169-217. Recuperado de <https://doi.org/10.1086/259394>
- Bourguignon, F. (Abril de 1999). *Crime, violence and inequitable development*. Ponencia presentada en el Annual World Bank Conference on Development Economics. Washington D. C., Estados Unidos.
- Codensa. (2010). *Comportamiento actual del mercado de Codensa sobre las pérdidas no técnicas de energía: escenario actual para el control de pérdidas de energía*. Bogotá: Mimeo.
- Colombia, Corte Constitucional. (2008). Sentencia C-539 del 28 de mayo. Magistrado ponente: Humberto Antonio Sierra Porto. Recuperado de <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2008/C-539-08.htm>
- Colombia, Corte Constitucional. (2008). Sentencia Unificada SU-1010 del 16 de octubre. Magistrado ponente: Rodrigo Gil Escobar. Recuperado de <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2008/SU1010-08.htm>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (21 de junio de 2007). *Definición de la fórmula tarifaria de energía eléctrica para el próximo período tarifario*. [Documento Creg 043]. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía. Recuperado de [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/dfd629252aa962b60525785a007a6f41/\\$FILE/D-043%20FORMULA%20TARIFARIA.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/dfd629252aa962b60525785a007a6f41/$FILE/D-043%20FORMULA%20TARIFARIA.pdf)
- Córdoba, M. (2001). La defraudación de fluidos en la legislación penal colombiana. *Revista de Derecho Penal y Criminología*, 22(73), 103-116.
- Dilulio, J. (1996). Help wanted: Economists, crime, and public policy. *Journal of Economic Perspectives*, 10(1), 3-24. <https://doi.org/10.1257/jep.10.1.3>
- Freeman, R. (1999). The economic approach to crime. En O. Ashenfelter y D. Card (eds.), *The handbook of labor economics*. San Diego: Elsevier Press.
- Glaeser, E. (1999). *An overview of crime and punishment*. Nueva York: Mimeo, World Bank.
- Greene, W. (1999). *Análisis econométrico* (3.^a ed.). Madrid: Pearson Educación.
- Ley 142 de 1994 (11 de julio), por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial* n.º 41.433.
- Ley 143 de 1994 (12 de julio), por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. *Diario Oficial* n.º 41.434.
- Ley 599 de 2000 (24 de julio), por la cual se expide el Código Penal. *Diario Oficial* n.º 44.097.
- Ley 1151 de 2007 (25 de julio), por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010. *Diario Oficial* n.º 46.700.
- Lochner, L. y Moreti, E. (2004). The effect of education on crime: Evidence from prison inmates arrests, and self-reports. *American Economic Review*, (94), 155-189.

Machin, S. y Meguir, C. (2004). Crime and economic incentives. *The Journal of Human Resources*, 34(4), 958-979. doi: <https://doi.org/10.3368/jhr.XXXIX.4.958>

Morales, M. (Mayo 3-4 de 2012). *Regulación para la reducción de pérdidas no técnicas de energía en los sistemas de distribución local*. Ponencia presentada en Andesco, Seminario de Actualización jurídica y regulatoria en los sectores de energía, gas, tic, acueducto, alcantarillado y aseo. Cali, Colombia.

Otero, D. (2006). La evolución de las tarifas de energía eléctrica en Bogotá: un análisis crítico. *Investigaciones CID* (n.º 3). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas.

Resolución Creg 097 de 2008 (26 de septiembre), por la cual se aprueban los principios generales y la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los sistemas de transmisión regional y distribución local. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.

Resolución Creg 108 de 1997 (11 de julio), por la cual se señalan criterios generales sobre protección de los derechos de los usuarios de los servicios públicos domiciliarios de energía

eléctrica y gas combustible por red física, en relación con la facturación, comercialización y demás asuntos relativos a la relación entre la empresa y el usuario, y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial* n.º. 43083.

Resolución Creg 119 de 2007 (21 de diciembre), por la cual se aprueba la fórmula tarifaria general que permite a los comercializadores minoristas de electricidad establecer los costos de prestación del servicio a usuarios regulados en el Sistema Interconectado Nacional. *Diario Oficial* n.º 46.881.

Soares, R. y Naritomi, J. (2010). Understanding high crime rates in Latin America: The role of social and policy factors. En R. Di Tella, S. Edwards y E. Schargrodsky (eds.), *The economics of crime: Lessons for & from Latin America*. Chicago: NBER, The University of Chicago Press. Recuperado de <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226153766.003.0002>

Varian, H. (2001). *Microeconomía intermedia* (8.ª ed.). Barcelona: Antoni Bosch.

Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*. Londres: The MIT Press.