

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Administración y Economía

¿Cuál es el Impuesto Óptimo de la Gasolina en Ecuador?

Un Análisis Empírico

Proyecto de Investigación

Ignacio Griffin Valdivieso

María Paulina Martínez Rivadeneira

Economía

Trabajo de titulación presentado como requisito

para la obtención del título de

Economista

Quito, 17 de mayo de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
Colegio de Administración y Economía

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**¿Cuál es el Impuesto Óptimo de la Gasolina en el
Ecuador?
Un Análisis Empírico**

**Ignacio Griffin Valdivieso
María Paulina Martínez Rivadeneira**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico: Diego Grijalva, P.h.D.

Firma del profesor:

Quito, 17 de mayo de 2016

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del Estudiante:

Nombres y Apellidos: María Paulina Martínez Rivadeneira

Código: 00104217

Cédula de Identidad : 1716588007

Firma del Estudiante:

Nombres y Apellidos: Ignacio Griffin Valdivieso

Código: 00107260

Cédula de Identidad : 1714003132

Lugar y fecha: Quito, mayo 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Diego Grijalva, director de este trabajo, por su apoyo y asesoramiento que fueron primordiales para la realización de este documento. A los profesores del Instituto de Economía de la USFQ por los conocimientos impartidos en estos cinco años de carrera universitaria. Y a nuestras familias por el apoyo incondicional a lo largo de nuestras vidas.

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como objetivo estimar el impuesto óptimo a la gasolina en Ecuador, utilizando la metodología desarrollada por Parry & Small (2005). Este modelo incluye no solo un análisis de impuesto pigouviano, sino también un impuesto de Ramsey y considera el efecto de un impuesto a la gasolina sobre el mercado laboral. Utilizamos un sistema de escenarios para determinar el rango dentro del que tendría que caer el impuesto y concluimos que este debería estar entre 20 y 59 centavos por litro. Esto tiene implicaciones importantes pues ofrece una prueba de que la política de fijación de precios de la gasolina que se ha manejado en Ecuador a partir de 1972 es errónea y genera una pérdida de bienestar en la sociedad.

ABSTRACT

The following work intends to reach an estimate of the optimal fuel tax rate for Ecuador, using the methodology developed by Parry & Small (2005). This model not only includes a Pigouvian Tax analysis but also a Ramsey tax and the effect of a fuel tax on the labor market. We set various scenarios by determining the total range in which the tax can be, and concluded that it should be between 20 and 59 cents per liter. This has important policy implications because it shows that the policy of fixing the price of fuel that has been applied since 1972 in Ecuador is wrong, and that it generates a loss in social welfare.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
1 Introducción	10
2 Revisión teórica del impuesto a la gasolina	14
3 Panorama Internacional de los Precios de la Gasolina	15
4 Metodología	18
4.1 Supuestos	19
4.2 El Impuesto Óptimo a la Gasolina	21
5 Calibración del Modelo	26
5.1 Explicación de Parámetros	26
6 Análisis de Rangos	31
7 Resultados	33
8 Conclusiones	33
Referencias	36
9 Anexo 1: Derivación de Escenarios	38
10 Anexo 2: Derivación analítica del impuesto óptimo a la gasolina	39

ÍNDICE DE TABLAS

1	Listado de Parámetros	18
2	Parámetros Adicionales	22
3	Parque Vehicular	27
4	Sector Público Ecuador	30
5	Parámetros Metodología	32
6	Estimación del Impuesto Óptimo a la Gasolina en Ecuador	34

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Importación de derivados a 2012	11
2	Ingresos y egresos por la comercialización interna de derivados importados . .	12
3	Evolución del precio y eventos geopolíticos relevantes	16
4	Precios de gasolina sin plomo en países OECD a diciembre 2015	17

1. Introducción

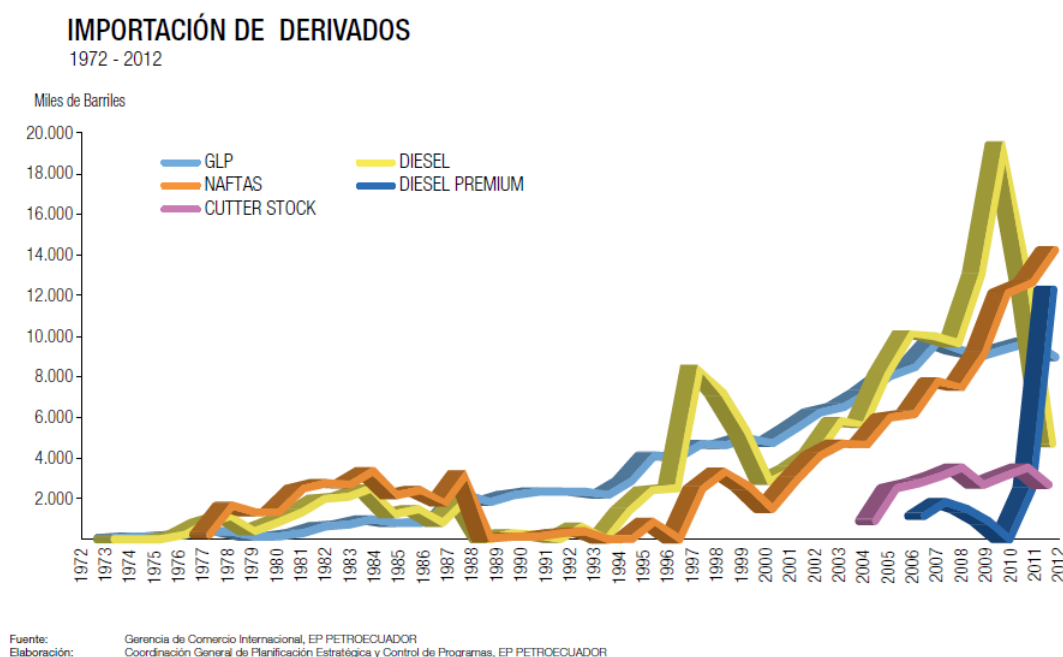
El objetivo de este trabajo es estimar el nivel de impuesto óptimo a la gasolina en el Ecuador, a través de un modelo matemático que considera las externalidades generadas por el consumo de combustible. Esto es de extrema relevancia para la realidad económica del Ecuador pues es el país de América Latina con mayor nivel de subsidios a los derivados del petróleo como porcentaje del PIB con un 6,31 % seguido por el 5,58 % del PIB que destina Venezuela a su subsidio. (Fierro, 2012). Durante el 2014 el Estado gastó USD 6.114 millones en importar derivados de petróleo y más de 4.500 millones de dólares de las arcas fiscales fueron usadas para financiar el histórico subsidio a los combustibles. Por otro lado, el Estado únicamente recibió USD 2.207 millones por su venta, según datos del Banco Central (BCE, 2015). De la cantidad total del subsidio, al menos 520 millones de dólares salieron por las fronteras en forma de contrabando de combustibles. Además de los costos económicos esta transferencia del Estado también incrementa la desigualdad pues se estima que el 43 % del subsidio es aprovechado por el 20 % más rico de la sociedad, mientras que el 20 % más pobre solo obtiene el 7 % de estos recursos (Fierro, 2012).

Estos subsidios son regresivos por naturaleza y han afectado a las finanzas públicas. Además, incentivan el uso de automóviles, con frecuencia motivando el uso de aquellos menos eficientes, causando así externalidades negativas al medio ambiente y aumentando el tiempo de traslado de los habitantes de un lugar a otro, incrementando la congestión vial y los accidentes. (Hernández & Antón-Sarabia, 2014)

Tanto los líderes del actual gobierno como los de la oposición están de acuerdo en que este subsidio es ineficiente y compromete las finanzas del gobierno central. Sin embargo, ningún gobierno ha logrado quitar el subsidio desde que fue establecido. Esto se debe presumiblemente a que ninguno de ellos ha estado dispuesto a asumir el costo político que esto significaría. Un claro ejemplo de esto es que Abdalá Bucaram, Fabián Alarcón, Jamil Mahuad, (Universo, 2005) Gustavo Noboa y Lucio Gutiérrez (Espinosa Goded, 2015) intentaron incrementar el precio al consumidor del cilindro de gas licuado de petróleo (GLP), todos ellos sin éxito.

La situación económica que vive Ecuador actualmente, con un bajo precio internacional del

Figura 1: Importación de derivados a 2012

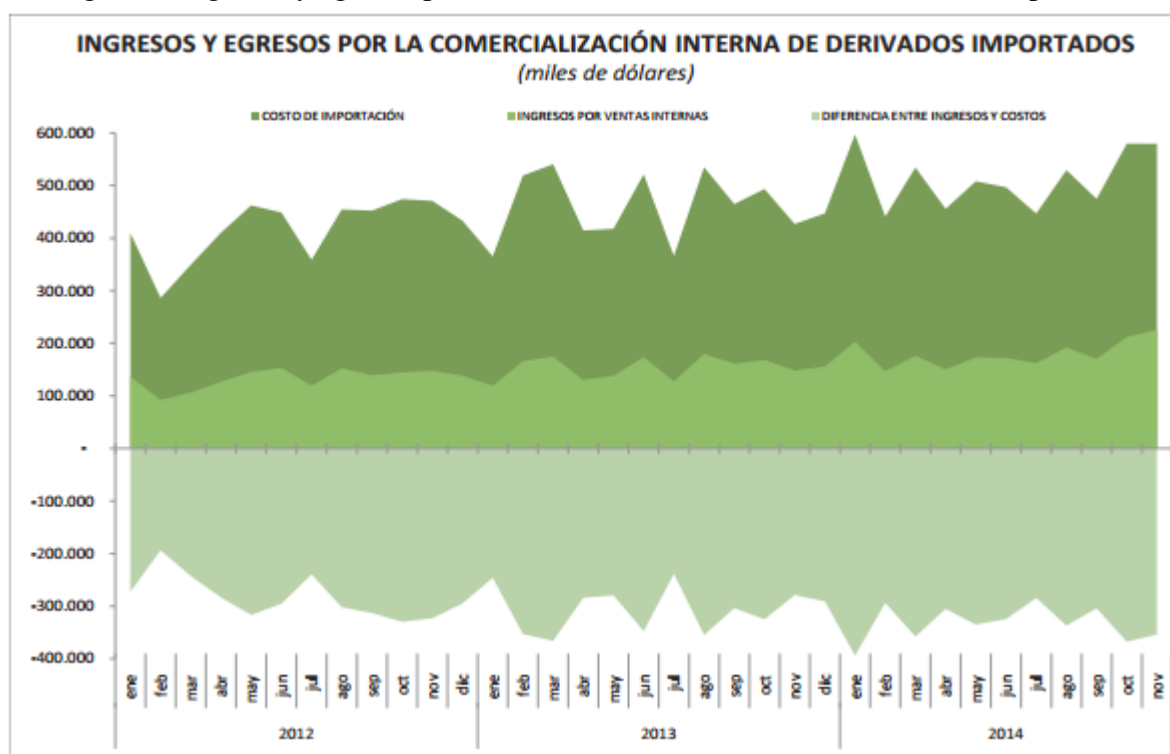


Fuente: EP Petroecuador (2013)

barril de petróleo, un importante déficit presupuestario y de cuenta corriente, y decrecimiento del PIB vuelven a la discusión acerca de los subsidios a la gasolina particularmente relevante. Analistas del Banco Mundial y el FMI (Clements, 2013) consideran que este es el mejor momento para sincerar los precios de los derivados de petróleo y dejar atrás los subsidios generalizados, que históricamente han afectado las finanzas públicas. Para el secretario del Observatorio de la Política Fiscal, Jaime Carrera, es el momento “justo para revisar los subsidios porque al estar tan cerca los precios de los combustibles internos con los internacionales, el impacto de retirarlos sería mínimo en la población y el efecto inflacionario tampoco sería mayor” (Araujo, 2015).

El proceso de eliminación de subsidios es, en sí, bastante complejo por todas las consecuencias que conllevaría. Clements (2013) detalla un plan de seis puntos para hacer viable este proceso. La publicación sugiere un “plan integral de reforma del sector energético, con consulta a los afectados; una campaña informativa extensa, indicando el efecto de los subsidios y mejoras en la transparencia presupuestaria; c) aumentos de precio graduales que pueden, además, distribuirse entre los diversos productos; d) mejora en la eficiencia de las empresas estatales

Figura 2: Ingresos y egresos por la comercialización interna de derivados importados



Fuente: BCE (2015)

para reducir los subsidios a los productores; e) medidas de compensación específicamente dirigidas hacia los sectores de menores ingresos; f) reformas políticas que despoliticen los precios de la energía, como mecanismos automáticos de ajuste de precios en función del precio internacional del crudo” (Clements, 2013, p. 12). Todos estos aplicarían al Ecuador donde además es sumamente importante considerar las diferencias entre los consumidores de gasolina Nafta (Super y Extra) y el Diesel, que está más vinculado con el transporte público y la industria.

Un tema primordial a la hora de hablar del precio al consumidor de los combustibles es el de las externalidades causadas por su consumo. Fierro (2012), Parry & Small (2005) y Clements (2013) no solo critican los subsidios a los combustibles sino que aseguran que lo óptimo sería internalizar el costo de las externalidades generadas por el uso de estos como la contaminación, el tráfico, los accidentes de tránsito, el deterioro de la infraestructura, etc. Para esto se puede obtener un impuesto *Pigouviano* que tome en cuenta todos los costos relacionados. Parry & Small (2005) hacen este ejercicio, valorando el costo de las externalidades y un *Modelo de Im-*

*posición Óptima de Ramsey*¹ que permite considerar a la elasticidad de la demanda de gasolina dentro del modelo. Estos autores encuentran que el nivel de impuesto de EEUU está por muy por debajo del óptimo y que el caso Británico ocurre lo contrario pues en este el impuesto es alrededor del doble del óptimo estimado en la publicación.

Es sumamente complicado modelar el impacto que podría tener un incremento drástico en los precios de los combustibles en Ecuador ya que estos se han mantenido fijos desde hace alrededor de 15 años. Se esperaría un shock inflacionario inicial que se iría disipando con el tiempo, además de una reducción de la demanda de combustibles y un incremento en la del transporte público. “Con ello se ampliará el superávit de la balanza comercial petrolera y se debería encontrar los medios para actuar con rapidez para incrementar la oferta de transporte masivo. Con esa reducción en la demanda caerían las emisiones de CO₂, siendo este el aspecto de mayor beneficio en términos socioeconómicos, pues se reduciría la cantidad de agentes contaminantes en el aire que respiramos.” (Samaniego, 2007)

Existen dos motivos por los que el tributo a la gasolina es importante. Primero porque es altamente recaudatorio y en segundo lugar, estos impuestos pueden utilizarse como instrumentos para internalizar las externalidades causadas por contaminación, congestión y accidentes.

Este trabajo contribuye a la literatura existente pues, en base al modelo desarrollado por Parry & Small (2005), establece el rango de valores máximos y mínimos que puede tomar el impuesto, lo que permite obtener resultados confiables capturando la fluctuación constante de las variables incluidas en el modelo.

El presente documento se divide en las siguientes secciones: Introducción, revisión teórica del impuesto a la gasolina, análisis del panorama internacional del precio de los combustibles seguido por la explicación de la metodología y calibración del modelo. Finalmente se plantea un análisis de Escenarios y resultados.

¹La regla del impuesto de Ramsey, indica que un gobierno debería imponer una carga tributaria mayor a bienes de oferta y demanda más inelástica (Ramsey, 1927)

2. Revisión teórica del impuesto a la gasolina

Existen diferentes externalidades asociadas con la conducción de vehículos, como por ejemplo la contaminación del medio ambiente y la congestión vehicular. Estas externalidades pueden ser corregidas por medio de un impuesto Pigouviano, que equivale a la tasa del daño marginal que se produce en la sociedad. En este sentido, dicho impuesto directo tiene por objeto disminuir la emisión de dióxido de carbono, y para efectos del presente trabajo, sería el de la gasolina.

En consecuencia, un impuesto directo a las emisiones de los vehículos incentiva a la mejora tecnológica y eficiencia energética de estos, cuyo fin es la disminución de la contaminación ambiental. En relación a la congestión, el impuesto a la gasolina conduce a una reducción en el recorrido por vehículo. Es así que, un cargo por congestión en horas pico estimularía a que la gente evite transitar durante las horas y rutas más congestionadas. En tal virtud, estos impuestos son beneficiosos para la sociedad. Un impuesto ideal para restar las externalidades causadas por los accidentes es una imposición que dependerá del número de kilómetros recorridos, mas no de la cantidad de combustible consumido, y este variará en función del nivel de riesgo (proporcionado en las estadísticas) que tengan las personas en causar accidentes, lo que significaría que en ciudades que cuenten con tarifas elevadas de accidentes tendrán que asumir un impuesto mayor en comparación a ciudades que tengan tarifas bajas.

No obstante, dichos impuestos a las externalidades no han sido implementados por motivos políticos y administrativos. Ejemplos de esto pueden reflejar el problema de monitoreo o de equidad. Por el contrario, como se menciona en Parry & Small (2005), a pesar de que el impuesto a la gasolina no sea el ideal, es administrativamente sencillo. Adicionalmente, en algunos Estados se han aceptado altas tarifas de este gravamen. Por lo tanto, una imposición tributaria al combustible podría ser una medida factible y económica de implementar para el gobierno de turno.

Con base en lo anterior, el impuesto a la gasolina ha sido implementado en diferentes países, tal como Inglaterra, principalmente con cuatro propósitos. Primero, este impuesto ayuda a reducir la emisión de dióxido de carbono y la contaminación del medio ambiente. Segundo, disminuye la congestión vehicular y el número de accidentes vehiculares, puesto que la carga tributaria

a la gasolina incrementa el costo de conducción. Tercero, dicho gravamen representa una fuente de ingreso alta para el fisco. Finalmente, el impuesto a la gasolina es implementado con la finalidad de reemplazar los peajes de las carreteras, debido a que los costos de recaudación son menores. Por lo expuesto, se trata de un impuesto que ayuda a corregir las externalidades negativas (Parry & Small, 2005).

La regla del impuesto de Ramsey, indica que un gobierno debería imponer una carga tributaria mayor a bienes de oferta y demanda más inelástica (Ramsey, 1927). Además, para el entendimiento de este trabajo hay que tomar en cuenta que la función de consumo de gasolina incluye al tiempo, el cual se divide en tres componentes: ocio, trabajo y conducción. Dentro de este contexto, consideramos al consumo de gasolina como un sustituto relativamente débil del ocio, lo que justificaría incluir uno de los componentes del impuesto de Ramsey, para de esta manera incorporar los efectos de la “retroalimentación sobre la oferta laboral” en función de los cambios en la congestión.²

Diferentes países, entre ellos Ecuador, cuentan con un mal servicio de transporte. Es entonces cuando el uso particular de vehículos se torna muy inelástico, debido a que la posibilidad de sustitución es limitada. Como mencionan (Hernández & Antón-Sarabia, 2014), particularmente en este caso, incluir a la distancia como un componente del impuesto a la gasolina es muy débil, por cuanto la reacción de la gente frente a dicho gravamen, puede ser la de comprar autos más eficientes en cuanto al consumo de gasolina.

En este orden de ideas, el impuesto óptimo a la gasolina, que será el tema central a tratarse en este documento, incluirá componentes: tributarios, ambientales, de congestión y de accidentes; que se desarrollarán en las siguientes secciones.

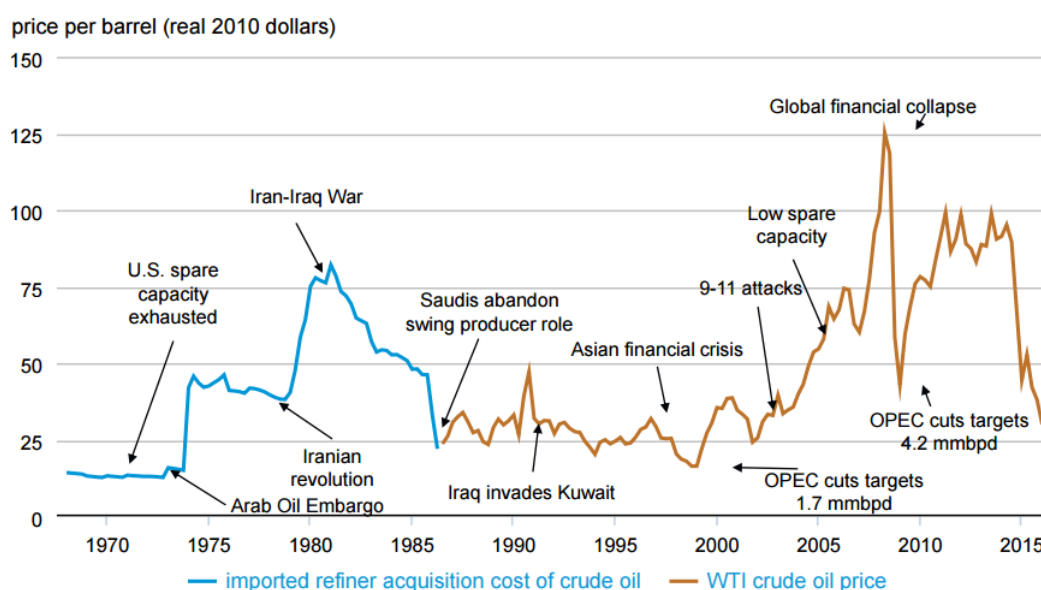
3. Panorama Internacional de los Precios de la Gasolina

Un problema central de fijar el precio de los combustibles es la volatilidad del precio del petróleo que puede determinar hasta el 71 % del precio al minorista de la gasolina (Amadeo, 2015). Un informe de la *U.S. Energy Information Administration* (EIA, 2016) plantea tres facto-

²Se dice que el consumo de gasolina es un sustituto debilmente dependiente del ocio, puesto a que el trabajo también puede reemplazar a este último.

res centrales que afectan el precio internacional del petróleo. En primer lugar la oferta agregada actual, que tradicionalmente fue controlada por los miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), actualmente está determinada en el margen por la producción de Estados Unidos. Esto se ha debido al incremento en la producción de petróleo de esquisto. En segundo lugar está el acceso a la oferta futura que depende principalmente de los inventarios de petróleo y las expectativas de producción. Este factor puede ser especialmente difícil de predecir ya que depende también de factores geopolíticos tales como guerras en Medio Oriente, sanciones a países productores y desastres naturales. En tercer lugar está la demanda de petróleo, principalmente de países desarrollados. Esta depende de varios factores tales como las estaciones del año y el nivel de actividad económica.

Figura 3: Evolución del precio y eventos geopolíticos relevantes
Crude oil prices react to a variety of geopolitical and economic events



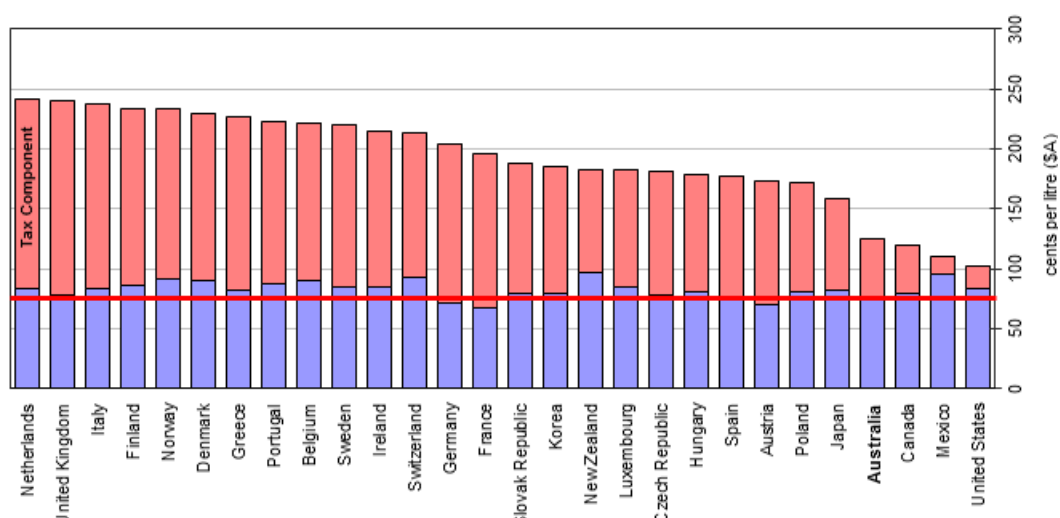
Sources: U.S. Energy Information Administration, Thomson Reuters

Fuente: EIA (2016)

La figura 4 resume los precios al consumidor final de un litro de gasolina Premium, sin plomo en los países de la OECD. En este se puede ver que hay una importante variación entre países de los precios por litro que van desde \$2.50 USD en Países Bajos a \$1 en Estados Unidos. En comparación, el precio por litro de gasolina Premium en Ecuador es de \$0.61. Es importante

analizar también el caso extremo de Venezuela en donde un litro de gasolina premium cuesta solo \$0.14, incluso después de una subida del 6000 % en febrero de 2016. Como podemos ver, la mayor parte de la variación de precios se debe a los distintos niveles de impuestos establecidos por los países, siendo México el país con el menor nivel de impuestos seguido de Estados Unidos. Entre 2015 y 2016 el precio del barril de petróleo ha llegado a niveles inéditamente bajos para la última década, por lo que el precio al consumidor de los combustibles se ha reducido considerablemente.

Figura 4: Precios de gasolina sin plomo en países OECD a diciembre 2015



Fuente: Australian Institute of Petroleum (2015)

En 2016, tanto Venezuela como México, dos países que habían subsidiado a la gasolina tradicionalmente modificaron sus políticas de fijación de precio de la gasolina con el fin de reducir el gasto fiscal y las distorsiones asociadas. En el caso de México se planteó un plan de liberalización de precio hasta el 2018, año en el que el precio de la gasolina se determinará enteramente bajo condiciones de mercado (Forbes, 2015). Por otro lado, el gobierno de Venezuela decretó un aumento de hasta el 6000 % del precio de su combustible premium, que pasó de costar alrededor de dos décimas de centavo a catorce centavos de dólar, por lo que este seguirá teniendo la gasolina más barata del mundo (Scharfenberg, 2016).

4. Metodología

Al igual que Ian W. H. Parry & Harrington (2007), Sterner (2007), Parry & Strand (2012) y Hernández & Antón-Sarabia (2014) basamos nuestro análisis de precio óptimo en el modelo de estimación desarrollado por Parry & Small (2005). La ecuación para encontrar el impuesto óptimo a la gasolina, t_F^* , se obtiene al maximizar el beneficio social en relación al impuesto t_F . Para esto consideramos varios factores como el efecto del impuesto sobre la oferta laboral, el consumo de combustible, las decisiones de manejo, los costos externos y como estos factores afectan la utilidad de las personas. La derivación para llegar a este modelo se detalla en el Anexo 1.

Tabla 1: Listado de Parámetros

Notación	Significado
C	Consumo de bienes distintos a combustible
M	Distancia viajada en términos de distancia por vehículo
T	Tiempo conducido
G	Gasto del gobierno
N	Tiempo de ocio
P	Cantidad de Polución
A	Accidentes de tránsito
F	Consumo de combustible
H	Gastos incurridos en conducir
\bar{M}	Número agregado de kilómetros conducidos por persona
P_F	Contaminantes que dependen del consumo de gasolina
P_M	Contaminantes que dependen del número de kilómetros de viaje
\bar{F}	Consumo agregado de combustible
$\alpha(A)$	Desutilidad generada por el costo externo de los accidentes de tránsito
$\delta(\cdot)$	Componente de los costos son externos
$a(\bar{M})$	Número de accidentes ocurridos por unidad de distancia
q_F	Precio al productor de la gasolina
t_F	Impuesto a la gasolina
t_L	Impuesto al trabajo
I	Ingreso disponible
L	Oferta de trabajo
\bar{L}	Presupuesto de tiempo del agente

4.1. Supuestos

El Modelo de Parry & Small (2005) en el que se basa este trabajo hace los siguientes supuestos para un modelo estático, de economía cerrada con varios agentes. Un agente representativo tiene la siguiente función de utilidad:

$$U = u(\Psi(C, M, T, G), N) - \varphi(P) - \delta(A) \quad (4.1)$$

Todas las variables están expresadas en términos per cápita. C es el consumo de bienes distintos a la gasolina, M es la distancia viajada en términos de distancia por vehículo, T es el tiempo conduciendo, G es el gasto del gobierno, N es tiempo de ocio, P es la cantidad de polución y A son los accidentes de tránsito ajustados por severidad. Se incluye además a T en la función de la utilidad para internalizar al costo de oportunidad del tiempo ocupado conduciendo en relación al costo de oportunidad del trabajo. Las funciones $u(\cdot)$ y $\Psi(\cdot)$ son cuasicóncavas, mientras que $\varphi(\cdot)$ y $\delta(\cdot)$ son débilmente convexas y representan la desutilidad de la contaminación y el riesgo de accidentes, respectivamente.

El parámetro Kilómetros Manejados por Vehículo (KMV) es una función del consumo de combustible F y de los gastos incurridos al conducir H como muestra la siguiente ecuación: es generado a partir de la función homogénea:

$$M = M(F, H) \quad (4.2)$$

Incluir a los factores F y H por separado permite capturar la relación entre la eficiencia en el consumo de combustible de un vehículo y su precio ya que la relación entre el consumo de gasolina y KMV no necesariamente es proporcional. Por ejemplo ante mayores precios de la gasolina las personas pueden comprar autos más eficientes pero costosos (lo que aumenta H y disminuye F).

La siguiente ecuación determina el tiempo de conducción:

$$T = \pi M = \pi(\bar{M})M \quad (4.3)$$

Donde π es el inverso de la velocidad de viaje promedio y \bar{M} es el número agregado de kilómetros conducidos por persona. Se asume que $\pi > 0$, lo que implica que a mayor KMV, mayor congestión vehicular. En esta ecuación se hace una distinción entre M y \bar{M} para dejar claro que \bar{M} y π son exógenos al proceso de decisión del agente y que estos no consideran su propio impacto a la congestión.

En la siguiente ecuación se distinguen dos tipos de contaminantes: Primero, P_F que dependen del consumo de gasolina tales como gases de efecto invernadero (GEI). Segundo, los que dependen del número de kilómetros de viaje o P_M para los cuales las emisiones son prácticamente idénticas entre vehículos, tales como emisiones de monóxido de carbono o hidrocarburos que por regulaciones son iguales. Ambas variables son ponderadas en índices ajustados por severidad:

$$P = P_F(\bar{F}) + P_M(\bar{M}) \quad (4.4)$$

Donde tanto P_F y P_M son positivos y \bar{F} es el consumo agregado de combustible. Los agentes ignoran los costos de la contaminación por el hecho de ser externos.

El término $\alpha(A)$ del supuesto número uno representa la desutilidad generada por el costo externo de los accidentes de tránsito. La porción de la desutilidad que es internalizada por los conductores a la hora de decidir cuánto conducir está reflejada implícitamente por los términos $\Psi(\cdot)$ y en el costo monetario H . Parte de los costos son externos y están representados en $\delta(\cdot)$. Algunos de estos costos son asumidos por personas ajenas a la decisión de conducir tales como peatones y ciclistas. Se determina, por lo tanto, que la cantidad de accidentes per cápita es exógeno pero depende de la cantidad conducida agregada:

$$A = A(\bar{M}) = a(\bar{M})\bar{M} \quad (4.5)$$

donde $a(\bar{M})$ es el número de accidentes ocurridos por unidad de distancia, ajustados por severidad. El efecto de a es ambiguo pues más tráfico genera más accidentes pero menos severos.

Se asume además que la economía está compuesta por firmas competitivas y todos los bienes se producen usando trabajo. Todos los precios al productor y salarios son fijos y se normalizan a una unidad, excepto por q_F que denota el precio al productor de gasolina.

Por otro lado el gasto del gobierno se financia con impuestos a la gasolina, t_F y al trabajo t_L . Por lo tanto el ingreso neto del individuo es $1 - t_L$ y el precio al consumidor de gasolina es $q_F + t_F$. El gobierno no recauda impuestos directamente de ninguna de las tres externalidades analizadas en el modelo.

Por lo tanto la restricción presupuestaria del agente está dada por:

$$C + (q_F + t_F)F + H = I = (1 - t_L)L \quad (4.6)$$

Donde I es el ingreso disponible y L es la oferta de trabajo. Hay además una restricción de tiempo, la cual se distribuye entre ocio, trabajo y tiempo de viaje, para llegar a \bar{T} que es el presupuesto de tiempo del agente.

$$L + N + T = \bar{T} \quad (4.7)$$

La restricción presupuestaria del gobierno está dada por:

$$t_L L + t_F F = G \quad (4.8)$$

El modelo toma el gasto del gobierno como exógeno por lo que mayores recaudaciones por impuesto a la gasolina reducen la necesidad de financiamiento de otras fuentes.

4.2. El Impuesto Óptimo a la Gasolina

El modelo desarrollado por Parry & Small (2005) tiene como objetivo maximizar el beneficio social a través de un impuesto óptimo a la gasolina. La derivación de esta ecuación se puede encontrar en el Anexo 2 y la descripción de parámetros se puede encontrar en la tabla 1.

1. *Efecto Marginal sobre el bienestar*: En el Anexo desarrollamos la maximización de la utilidad de los hogares. Diferenciando la utilidad del hogar con respecto al impuesto a la gasolina e incluyendo cambios en el impuesto al trabajo, que permiten mantener el supuesto de que el presupuesto del gobierno se mantiene balanceado, con lo que se llega a:

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{dt_F} = (E^{P_F} - t_F) \left(-\frac{dF}{dt_F} \right) + (E^C + E^A + E^{P_M}) \left(-\frac{dM}{dt_F} \right) + t_L \frac{dL}{dt_f}$$

Tabla 2: Parámetros Adicionales

Notación	Significado	Unidad
E^{PM}	Daño por contaminación relacionado con distancias	centavos US DLL/litro
E^{PF}	Daño por contaminación relacionado con gasolina	centavos US DLL/litro
E^C	Costo externo de congestión	centavos US DLL/km
E^A	Costo externo de accidentes	centavos US DLL/km
i_F^0	Impuestos iniciales a la gasolina	centavos US DLL/litro
α_G	Gasto Público/PIB	
α_F	Consumo de gasolina/PIB	
q_F	Precio productor de gasolina	
Elasticidades		
β	Fracción de elasticidad precio de la gasolina explicada por la reducción en KMV	
η_{MI}	Elasticidad gasto de la demanda por KMV	
η_{FF}	Elasticidad precio de la gasolina	
ϵ_{LL}	Elasticidad no compensada de la oferta laboral	
ϵ_{LL}^c	Elasticidad compensada de la oferta laboral	

En esta ecuación, V es la utilidad indirecta y λ es la utilidad marginal del ingreso, que muestra el cambio marginal del bienestar de un incremento en el impuesto a la gasolina, descompuesto en tres efectos. El primero es el cambio de bienestar en el mercado de gasolina (la reducción en el consumo de gasolina multiplicado por la diferencia entre el daño generado por contaminación del consumo marginal de gasolina y la tasa impositiva). El segundo es la reducción del bienestar generado por la reducción de KMV. El tercer efecto (expresado en el último término de la ecuación) es el efecto en el bienestar en el mercado laboral.

Los siguientes términos se expresan en:

$$\begin{aligned}
 E^{P_F} &= \frac{\varphi' P'_F}{\lambda}; \\
 E^{P_M} &= \frac{\varphi' P'_M}{\lambda}; \\
 E^C &= v\pi' M; \\
 E^A &= \frac{\delta' A'}{\lambda}; \\
 v &\equiv \frac{1 - t_L - u_T}{\lambda}
 \end{aligned} \tag{4.9}$$

2. *Ecuación de impuesto óptimo:* En función de las ecuaciones anteriores, se llega a la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 t_F^* &= \frac{\text{Impuesto Pigouviano Ajustado}}{1 + MEB_L} \\
 &+ \frac{\text{Impuesto de Ramsey}}{\eta_{FF}} * \frac{(1 - \eta_{MI} \varepsilon_{LL}^C) * t_L (q_F + t_F)}{1 - t_L} \\
 &+ \frac{\text{Impacto de la Congestión}}{F} * E^C [\varepsilon_{LL} - (1 - \eta_{MI}) \varepsilon_{LL}^C] * \frac{t_L}{1 - t_L}
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

Este modelo resulta particularmente útil para explicar el impuesto óptimo a los combustibles ya que lo descompone en tres elementos. El primero es el impuesto Pigouviano o

MEC_F que para este análisis considera solo a los accidentes, contaminación y congestión como externalidades. En segundo lugar, encontramos un impuesto de Ramsey que toma en cuenta la elasticidad de la demanda de gasolina y considera al tiempo de viaje en un vehículo como un sustituto imperfecto del ocio. El tercer componente de esta ecuación toma en cuenta el efecto negativo de la congestión sobre la disponibilidad de tiempo de las personas y por ende de su oferta de trabajo. Esto además considera el hecho de que a mayor trabajo, mayor recaudación tributaria.

$$MEC_F \equiv E^{PF} + (E^C + E^A + E^{PM})(\beta M/F) \quad (4.11)$$

$$\beta \equiv \frac{\eta_{MF}}{\eta_{FF}};$$

$$MEB_L \equiv \frac{-t_L \frac{\delta L}{\delta t_L}}{L + t_L \frac{\delta L}{\delta t_L}} \quad (4.12)$$

$$E^{PF} = \phi' P'_F / \lambda;$$

$$E_M^P = \phi' P'_M / \lambda;$$

$$E^C = v \pi' M;$$

$$E^A = \delta' A' / \lambda \quad (4.13)$$

$$v \equiv 1 - t_L - u_T / \lambda \quad (4.14)$$

En las ecuaciones anteriores podemos ver la composición de cada uno de los factores de t_F^* . El impuesto Pigouviano o MEC_F se compone del costo marginal de emisiones de carbono E^{PF} , la congestión E^C , los accidentes de tránsito E^A y la contaminación relacionada con el número de kilómetros recorridos por vehículo (KMV) E^{PM} . Estos tres últimos se multiplican por el factor $\beta * M/F$, donde M/F es la eficiencia en el consumo de gasolina

por vehículo mientras que β es la relación entre la elasticidad precio de la demanda de KMV y la elasticidad precio de la demanda de gasolina. MEC_F y MEB_L representan el “costo marginal externo por el consumo de combustible y la carga tributaria marginal del impuesto al trabajo, respectivamente” (Hernández & Antón-Sarabia, 2014, p. 29).

En estas fórmulas desarrolladas en Parry & Small (2005), η_{MI} es la elasticidad de la demanda de kilómetros recorridos por vehículo (KMV) en relación al ingreso, η_{MF} es la elasticidad de la demanda de KMV en relación al precio al consumidor del combustible mientras que ε_{LL} y ε_{LL}^c son elasticidades de la oferta de trabajo compensadas y no compensadas. Todas las elasticidades son expresadas como números positivos. λ es la utilidad marginal del ingreso y v es el valor del tiempo de viaje en automóvil.

MEC_F , el costo externo marginal del uso de combustible, es igual al daño marginal causado por emisiones de carbono (E^{PF}) más el costo marginal de la congestión, accidentes y la contaminación generada por la distancia de viaje (E^C , E^A y E^{PM}). Estos últimos están expresados en términos de distancia, multiplicados por la eficiencia en el uso del combustible y por el término β que representa a la fracción de la demanda de gasolina que se reduce por la reducción de KMV.

Este modelo no considera únicamente a MEC_F debido a los diferentes efectos que surgen de la tributación. El primero es que MEC_F está dividido para $1 + MEB_L$, donde MEB_L es la recaudación marginal adicional por impuesto al trabajo. “Esto refleja el hecho de que el impuesto a la gasolina tiene una base impositiva más estrecha que el impuesto al trabajo y, en consecuencia, resulta menos eficiente para aumentar los ingresos del gobierno” (Hernández & Antón-Sarabia, 2014) Pg.27. El tamaño del ajuste es el resultado de la interacción entre la tasa impositiva y la elasticidad de la oferta de trabajo sin compensar.

El segundo efecto es el componente del impuesto de Ramsey. Utilizando el principio de que el tiempo de viaje es un sustituto débil del ocio. El tamaño de este impuesto depende de la elasticidad de la demanda de gasolina.

El tercer y último componente es el efecto positivo que una reducción en la congestión tendría sobre la oferta de trabajo. Una menor necesidad de tiempo de traslado hace que

las personas dispongan de más tiempo para distribuir entre ocio y trabajo lo cual mejora el bienestar puesto que genera mayor recaudación de impuesto al trabajo.

El modelo establece, además, a M/F como el factor de eficiencia del combustible, el cual es escogido por el consumidor y depende del impuesto a la gasolina. Para incluir esta relación en el modelo se plantea la siguiente ecuación:

$$\frac{M}{F} = \frac{M^0}{F^0} \left(\frac{q_F + t_F}{q_F + t_F^0} \right)^{(\eta_{MF} - \eta_{FF})}, \quad (4.15)$$

donde el super-índice 0 representa el valor inicial de cada variable. Se asume que las elasticidades son constantes. Se puede por lo tanto resolver numéricamente para t_F y las otras variables en función de los parámetros.

5. Calibración del Modelo

En la calibración del modelo, Parry & Small (2005) y Hernández & Antón-Sarabia (2014) utilizan valores centrales de los intervalos de elasticidades para calcular el impuesto óptimo a la gasolina.

No obstante, nosotros adoptamos una perspectiva diferente a la de los autores. Partiendo de una derivación teórica, utilizaremos los valores máximos y mínimos de las elasticidades, para de esta forma obtener un rango de valores posibles que puede tomar el impuesto óptimo. Por otra parte, calibraremos al resto del modelo en base a la revisión teórica.

5.1. Explicación de Parámetros

1. *Eficiencia de combustible inicial: M^0/F^0 (km/litro)*

Para la estimación de este parámetro se toma en cuenta la edad y composición del parque vehicular y la eficiencia de cada tipo de vehículo. En Ecuador, existen 1.752.712 automóviles registrados con una edad promedio de 17,55 años. El recorrido promedio de cada automóvil es de 12.000 kms al año, mientras que el de buses y transporte pesado es

de 60.000. El 89 % del parque vehicular es constituido por automóviles, jeeps, camionetas y motocicletas, la cifra restante está compuesto por transporte pesado y de pasajeros (INEC, 2016).

Tabla 3: Parque Vehicular

Composición parque vehicular Ecuador del año 2015	
Automóviles	30 %
Jeeps	15 %
Motocicletas	23 %
Camionetas	21 %
Transporte pesado y de pasajeros	11 %

Fuente:(INEC, 2016)

2. *Daño por contaminación relacionado con distancias: E^{PM} (centavos/km)*

Debido a que la mayoría de regulaciones ambientales especifican que existe una emisión máxima por kilómetros, asumimos que la contaminación del aire producida por vehículos es proporcional a la distancia recorrida. Además, suponemos que los costos son proporcionales a la cantidad de contaminación (Parry & Small, 2005).

En Ecuador, no consta información pública sobre externalidades ambientales. Sin embargo, basándonos en la publicación de Hernández & Antón-Sarabia (2014), México y Ecuador presentan similitudes en cuanto al recorrido y promedio de edad del parque vehicular. En función de lo anterior, para efectos del presente trabajo se implementará el costo de contaminación relacionado con distancias de México que es de 3.4 centavos de dólar por kilómetro.

3. *Daño por contaminación relacionado con gasolina: E^{PF} (centavos/litro)*

Los costos del calentamiento global son ahora mucho más especulativos debido a la incertidumbre respecto a la vulnerabilidad atmosférica. Según Parry & Small (2005) es por esto que las estimaciones a los daños ambientales relacionados a la gasolina pueden tener un amplio rango de variación.

En vista de que no existen datos para el Ecuador sobre el daño por contaminación relacionado con gasolina, tomaremos la cifra calculada por Johnson (2009) para el caso

mexicano, de 4.8 centavos de dólar por litro.

4. Costo externo de congestión: E^C (centavos/km)

La congestión es un fenómeno no lineal y variable a través del tiempo y el espacio. Por tanto, el costo marginal de congestión promedio de un país depende de la proporción del flujo vehicular que se produce en áreas de alta densidad en horas pico (Parry & Small, 2005). Según Thomson & Bull (2014) existen diferentes costos asociados a la congestión que afectan negativamente a la calidad de vida de los habitantes de la región (contaminada). Aquellos que deben transportarse, asumen este costo a través del tiempo que un individuo requiere para su movilización y los costos atribuibles a los vehículos, principalmente de combustible.

Tanto los conductores como los usuarios de transporte colectivo sufren las repercusiones de la congestión, lo que incentiva a la determinación de un impuesto Pigouviano. Siguiendo a Parry & Timilsina (2008), suponemos una forma funcional para el tiempo promedio de traslado de un individuo en automóvil por kilómetro, t^A , que está dada por:

$$t^A = \omega \left[1 + \gamma \left(\frac{M}{M^0} \right)^4 \right], \quad (5.1)$$

donde ω es el tiempo de traslado en automóvil por kilómetro cuando no hay congestión y γ es un parámetro. Numéricamente se obtiene que la congestión marginal sea cuatro veces la congestión promedio. El costo marginal de congestión se obtiene del producto entre la congestión marginal y el costo del tiempo medido en centavos de dólar por hora. Para estimar los costos de congestión de Ecuador, utilizamos el tiempo de traslado que se obtuvo para México $\alpha = 0,02$ tomada de Hernández & Antón-Sarabia (2014). En el Ecuador no existen datos sobre la velocidad promedio de vehículos de todo el país. Sin embargo, según un estudio elaborado por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (2014) existen estimaciones para esta ciudad, en donde indican que la velocidad promedio en el Centro Histórico es de 14.1 kilómetros por hora, mientras que los lugares de acceso a la ciudad esta es de 32.9 kilómetros por hora.

Refiriéndonos al salario por hora por país, utilizamos datos del World Economic Outlook del Fondo Monetario Internacional (IMF, 2016) para poder estimar las razones del PIB, lo cual a su vez nos ayudó a calcular el valor unitario del tiempo en Ecuador que es de 0.45 dólares por hora.

Finalmente, aplicando la ecuación anterior obtenemos que el costo por congestión en Ecuador es de 3 centavos de dólar por hora.

5. *Costo externo de accidentes: E^A (centavos/km)*

Según el de Estadísticas y Censos (2014) , en Ecuador ocurren en promedio 35.706 accidentes y 2.138 muertes anuales en el año 2015. La Agencia Nacional de Tránsito (2016) indica que el costo anual total por accidentes supera los 500 millones de dólares (La Hora, 2007), lo cual incluye una estimación de costo por vida perdida de \$240.000. (Revista Líderes, 2012) Este monto incluye los costos causados por el siniestro y una estimación de la pérdida de producción que causa una muerte. Si dividimos el costo total anual para el recorrido total de vehículos, llegamos a la conclusión de que el costo externo de accidentes en Ecuador es de 0.6 centavos por kilómetro.

6. *Elasticidades precio de la gasolina y elasticidad gasto de la demanda por KMV: η_{FF} ; η_{MI}*

Se han realizado diferentes estimaciones sobre la demanda de gasolina con el fin de obtener las elasticidades ingreso y precio. Al igual que en el trabajo de Hernández & Antón-Sarabia (2014), nosotros tomamos en cuenta un intervalo entre 0.4 y 0.49 para la elasticidad precio de largo plazo en Ecuador, reportada por Morán & Marriott (2009). Más adelante se verá la construcción de tres escenarios, en donde adoptamos el valor intermedio de la elasticidad de 0.45 pero también los valores extremos de 0.4 y 0.49.

Por otro lado, no hemos encontrado ninguna estimación de la elasticidad de viajes en vehículo respecto a los precios de la gasolina para Ecuador. No obstante, podemos calcularla con la ayuda de los parámetros: β y elasticidad precio de la gasolina, η_{FF} . De igual forma, para la realización de distintos escenarios, recurrimos al mismo intervalo para β

Tabla 4: Sector Público Ecuador

Tamaño del Sector Público Ecuador	
Año	Gasto público/PIB (%)
2011	35.98
2012	37.49
2013	41.34
2014	40.53
Promedio 2011-2014	38.84

que utiliza Parry y Small (2005), que es de 0.2-0.6, y adoptamos un valor para η_{FF} de 0.2.

Tampoco se tiene información respecto a la elasticidad por la demanda de KVM en Ecuador. Por ende, acudimos al intervalo estimado por Parry & Small (2005) que es de 0.4-1.0.

7. *Elasticidades (compensada ε_{LL} y sin compensar de la oferta laboral ε_{LL}^c)*

Estas elasticidades reflejan las decisiones de participación y horas de trabajo, promediadas entre hombres y mujeres. Dado que en Ecuador no existen registros de dichos parámetros, optamos por los intervalos de elasticidades evaluadas por Parry & Small (2005) que son: ε_{LL} con un intervalo de 0.1 a 0.3 y ε_{LL}^c con un rango de 0.25 a 0.5.

8. *Cociente de gasto público a PIB: α_G*

Este parámetro refleja el porcentaje del Producto Interno Bruto que se destina al gasto público. Según cifras del Banco Central (BCE, 2016), el Ecuador gastó el 38.84% del PIB en promedio entre los años 2011 y 2014. En contraste, en el año 2007 el gasto no alcanzó el 25% del PIB.

9. *Precio productor de gasolina: q_F (centavos/litro)* En Ecuador el precio al mayorista de la gasolina no ha variado desde el 2005. La gasolina de 92 octanos, que es la de mejor calidad, tiene un costo de 1.50 dólares por galón; mientras que la de 87 octanos tiene un costo de 1.16 dólares por galón. En nuestros cálculos consideraremos la gasolina de mayor octanaje, con un valor de 39.5 centavos de dólar por litro.

10. *Impuestos iniciales a la gasolina t_F^0 (centavos/litro)*

El impuesto inicial a la gasolina en Ecuador es de 0 dólares por litro.

6. Análisis de Rangos

Encontramos que la literatura relacionada al tema tratado en este trabajo basa su análisis en valores centrales de las variables incluidas en el modelo. La constante fluctuación de los valores de las variables relacionadas con el precio de los combustibles y las externalidades generadas por su uso, nos lleva a considerar que es importante tomar en cuenta rangos mínimos, máximos y medios que pueden tomar estas variables para obtener resultados más confiables y relevantes a lo largo del tiempo.

Con el fin de realizar un análisis más riguroso de los posibles resultados que puede tomar el impuesto óptimo al combustible, hemos planteado tres escenarios a partir de una derivación teórica de los valores máximos y mínimos que pueden tomar las variables principales consideradas en el modelo, (referirse a Anexo 1). Estas son la elasticidad precio de la gasolina (η_{FF}), elasticidad gasto de la demanda (η_{MI}), elasticidad de la oferta laboral (ϵ_{LL}^c), elasticidad de la oferta laboral no compensada (ϵ_{LL}), daño por contaminación relacionada con gasolina (E^{Pf}) y la fracción de elasticidad precio de la gasolina explicada por la reducción en KMV (β). Y manteniendo al resto de variables como constante en todos los escenarios.

Empezamos con un Escenario Base en el que tomamos valores medios tal como en la literatura relacionada. A continuación, planteamos dos escenarios adicionales partiendo de la derivación matemática, detallada en el Anexo 1, para determinar los rangos de valores que pueden tomar las variables antes descritas. Establecimos la relación de estas variables con el impuesto óptimo (t_F^*) y determinamos el valor de cada una que maximizaría y el que minimizaría a t_F^* para los escenarios Máximo y Mínimo respectivamente.

Tabla 5: Parámetros Metodología

Parámetros	Escenario Base	Escenario Máximo	Escenario Mínimo
E^{PM} Daño por contaminación relacionado con distancias (centavos USDLL/litro)	3.4	3.4	3.4
E^{PF} Daño por contaminación relacionado con gasolina (centavos USDLL/litro)	4.8	4.8	4.8
E^C Costo externo de congestión (centavos US DLLL/km)	2.1	2.1	2.1
E^A Costo externo de accidentes(centavos US DLLL/km)	0.6	0.6	0.6
β Fracción de elasticidad precio de la gasolina explicada por la reducción en KMV	0.4	0.6	0.2
η_{MI} Elasticidad gasto de la demanda por KMV	0.7	0.4	1
η_{FF} Elasticidad precio de la gasolina	0.4	0.2	0.6
α_G Gasto Público/PIB	38.84	38.84	38.84
α_F Consumo de gasolina/PIB	0.02	0.02	0.02
ϵ_{LL} Elasticidad no compensada de la oferta laboral	0.2	0.3	0.1
ϵ_{LL}^c Elasticidad compensada de la oferta laboral	0.35	0.5	0.25
q_F Precio productor de gasolina (centavos US DLLL/litro)	39.5	39.5	39.5
t_F^0 Impuestos iniciales a la gasolina (centavos US DLLL/litro)	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

7. Resultados

Como podemos apreciar en la tabla anterior, los resultados del impuesto óptimo que arroja el modelo para cada una de los escenarios son de 30.93 centavos de dólar por litro en el Escenario Base, 20.18 para el Escenario Mínimo y 58.95 para el Escenario Máximo. Estos tres impuestos óptimos totales se obtienen agregando el Impuesto Pigouviano Ajustado, el Impuesto de Ramsey y el Efecto Congestión sobre la oferta laboral. Encontramos que el Impuesto Pigouviano Ajustado es bastante consistente entre los tres escenarios, con una variación de 2.01 centavos por litro, mientras que vemos una variación importante entre los valores de Impuesto de Ramsey con una variación de 36.38 centavos entre los escenarios Máximo y Mínimo ya que en este último el impuesto es nulo. En tercer lugar observamos una variación de 3.1 centavos entre los escenarios, pues esta porción del impuesto es igual a 0 en el escenario Máximo.

8. Conclusiones

En este trabajo hemos estimado un rango óptimo de impuesto a los combustibles, utilizando la metodología de (Parry & Small, 2005) y calibrando el modelo a través de la derivación de valores máximos y mínimos de las variables consideradas en el modelo. Con base a este planteamiento y utilizando la información disponible, llegamos a la conclusión de que el impuesto óptimo a la gasolina debería estar entre 20.18 y 58.95 centavos por litro en el Ecuador. Lo que significaría un incremento del precio al consumidor de entre 33 y 97%. Estos resultados son consistentes con el trabajo de Hernández & Antón-Sarabia (2014) y de Parry & Small (2005) y con la hipótesis de los autores de este documento. No obstante, hubiéramos esperado que el resultado del Escenario Base tome un valor central de este rango, lo que demuestra que los valores no toman una distribución normal.

La principal implicación de los resultados de este trabajo es que hemos demostrado que el actual subsidio a la gasolina es ineficiente y genera una reducción en el bienestar agregado de la sociedad, causada por un incremento en contaminación, congestión y accidentes de tránsito, además del problema de financiamiento gubernamental que conlleva mantener este régimen de

Tabla 6: Estimación del Impuesto Óptimo a la Gasolina en Ecuador

Componentes del Impuesto Pigouviano	Escenario Base	Escenario Máximo	Escenario Mínimo
M/F Eficiencia de combustible (km/l)	7.8	7.8	7.8
MEC_F Costo marginal externo	24.46	24.46	24.46
E^{PF} Contaminación-contribución por gasolina	4.8	8	0.1
$(\beta M/F)E^{PM}$ Contaminación-contribución por distancia	10.88	10.88	10.88
$(\beta M/F)E^C$ Contribución por congestión	6.72	6.72	6.72
$(\beta M/F)E^A$ Contribución por accidentes	1.92	1.92	1.92
MEB_L Carga tributaria marginal,	0.14	0.23	0.07
Elementos del impuesto óptimo a la gasolina			
Impuesto Pigouviano ajustado	21.46	19.95	22.96
Contaminación por combustible	4.8	4.8	4.8
Contaminación por distancia recorrida	3.4	3.4	3.4
Congestión	2.1	2.1	2.1
Accidentes	2.05	2.05	2.05
Impuesto de Ramsey	6.37	36.38	0
Efecto congestión sobre la oferta laboral	3.10	0	1.63
t_F^* Impuesto óptimo a la gasolina (en centavos por dólar)	30.93	58.95	20.18

Fuente: Elaboración propia

fijación de precios. Por el contrario, un impuesto solucionaría parcialmente dichas externalidades y serviría como una fuente importante de ingresos para el Estado.

Entre nuestras recomendaciones consideramos que análisis futuros deberían incluir modelos de simulación para obtener resultados más precisos y entender la distribución real de los valores óptimos. Adicionalmente, sería interesante estudiar el contexto político que ha impedido a los gobiernos de turno liberalizar el precio de los combustibles en los últimos 44 años.

Referencias

- Agencia Nacional de Tránsito (2016). Estadísticas de transporte terrestre y seguridad vial.
http://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas.VzZ2_16Hg40.
- Amadeo, K. (2015). How crude oil prices affect gas prices.
http://useconomy.about.com/od/supply/p/oil_gas_prices.htm.
- Araujo, A. (2015). La gasolina bordea el precio internacional.
<http://www.elcomercio.com/actualidad/gasolina-precio-internacional-combustibles-ecuador.html>.
- BCE (2015). Cifras del sector petrolero ecuatoriano n 94-2015.
<http://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cspe201494.pdf>.
- BCE (2016). Información estadística mensual.
- Clements, B. e. a. (2013). Energy subsidy reform: Lessons and implications. Documentos de Proyectos 597, International Monetary Fund.
- de Estadísticas y Censos, I. N. (2014). Anuario de estadísticas de transporte 2014. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica.
- EIA (2016). What drives crude oil prices?: An analysis of 7 factors that influence oil markets.
http://www.eia.gov/finance/markets/reports_presentations/eia_what_drives_crude.
- EP Petroecuador (2013). 40 años construyendo el desarrollo del país 1972-2012. *Petroecuador*.
- Espinosa Goded, L. (2015). ¿quién [de verdad] asume el costo del subsidio a la gasolina? <http://gkillcity.com/articulos/el-mirador-politico/quien-verdad-asume-el-costodel-subsidio-la-gasolina>.
- Fierro, L. A. (2012). El Ecuador tiene el mayor nivel de subsidios a los combustibles.
<http://www.revistagestion.ec/?p=13916>.
- Forbes (2015). Gobierno iniciará liberalización del precio de gasolina en 2016.
<http://www.forbes.com.mx/gobierno-iniciara-liberalizacion-de-precio-de-gasolina-en-2016/>.
- Hernández, F. & Antón-Sarabia, A. (2014). El impuesto sobre las gasolinas: una aplicación

- para el Ecuador, el Salvador y México. Documentos de Proyectos 597, Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ian W. H. Parry, M. W. & Harrington, W. (2007). Automobile externalities and policies. *Journal of Economic Literature* 45, American Economic Association.
- IMF (2016). World economic outlook database.
- Johnson, T., C. A. Z. R. y. F. L. (2009). México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. Technical report, Banco Mundial.
- Morán, F.; Zúñiga, F. & Marriott, F. (2009). Estimación de las elasticidades de demanda de gasolina en el Ecuador: un análisis empírico. Technical report, ESPOL.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (2014). Diagnóstico de la movilidad en el distrito metropolitano de Quito para el plan metropolitano territorial (pmot). Technical report, Municipio de Quito.
- Parry, I. & Timilsina, G. R. (2008). How should passenger travel in Mexico City be priced? *Journal of Economic Literature*, 17(08).
- Parry, I. W. H. & Small, K. A. (2005). Does Britain or the United States have the right gasoline tax? *The American Economic Review*, 95(4), 1276–1289.
- Parry, I. W. H. & Strand, J. (2012). International fuel tax assessment: an application to Chile. *Cambridge University Press*, 17(2).
- Ramsey, F. P. (1927). A contribution to the theory of taxation. *Economic Journal*, 37(145), 47–61.
- Samaniego, P. (2007). Los subsidios no son solo un problema fiscal. Technical report, Revista Gestión.
- Scharfenberg, E. (2016). El presidente de Venezuela multiplica por sesenta el precio de la gasolina. http://internacional.elpais.com/internacional/2016/02/18/america/1455752332_82.
- Stern, T. (2007). Fuel taxes: An important instrument for climate policy. *MISTRA*, 35(6).
- Thomson, I. & Bull, A. (2014). Urban traffic congestion: its economic and social causes and consequences. *CEPAL Review* 76, Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Universon, E. (2005). El gas es tema pendiente desde 1996.

9. Anexo 1: Derivación de Escenarios

Para la realización de los escenarios Máximo y Mínimo, hemos derivado parcialmente las variables: elasticidad precio de la gasolina (η_{FF}), elasticidad gasto de la demanda (η_{MI}), elasticidad de la oferta laboral (ε_{LL}^c), elasticidad de la oferta laboral no compensada (ε_{LL}), daño por contaminación relacionada con gasolina (E^{PF}) y la fracción de elasticidad precio de la gasolina explicada por la reducción en KMV (β); con respecto al impuesto óptimo de la gasolina. A continuación, basándonos en el signo de cada una de las derivadas obtenidas, indicaremos si se tomó el valor máximo o mínimo de las variables para la elaboración del Escenario Máximo. Cabe recalcar que, para el Escenario Mínimo se utilizaron los signos opuestos a los resultados de esta sección, con el fin de obtener un rango posible de valores del impuesto óptimo a la gasolina. Por ejemplo, la ecuación (9.1) resultó ser un máximo, por lo que usamos el valor máximo del rango de ε_{LL}^c en el Escenario Máximo y el valor mínimo de su rango en el Escenario Mínimo.

$$\frac{\partial t_F^*}{\partial \varepsilon_{LL}^c} = \left[(1 - \eta_{MI}) \left(\frac{t_L}{1 - t_L} \right) \right] \left[\frac{q_F + t_F}{\eta_{FF}} - \frac{\beta E^C}{\alpha_{FM}} \right] > 0 (\text{Máximo}) \quad (9.1)$$

$$\frac{\partial t_F^*}{\partial \eta_{MI}} = -E_{LL}^c \left(\frac{t_L}{1 - t_L} \right) \left(\frac{q_F + t_F}{\eta_{FF}} - \frac{\beta E^C}{\alpha_{FM}} \right) < 0 (\text{Mínimo}) \quad (9.2)$$

$$\frac{\partial t_F^*}{\partial \eta_{FF}} = - \left(\frac{E_{LL}^c (1 - \eta_{MI})}{(\eta_{FF})^2} \right) \left(\frac{t_L (q_F + t_F)}{1 - t_L} \right) \quad (9.3)$$

$$\frac{\partial^2 t_F^*}{\partial (\eta_{FF})^2} = \left(\frac{2E_{LL}^c (1 - \eta_{MI})}{(\eta_{FF})^3} \right) \left(\frac{t_L (q_F + t_F)}{1 - t_L} \right) > 0 (\text{Mínimo}) \quad (9.4)$$

$$\frac{\partial t_F^*}{\partial \varepsilon_{LL}} = \left(\frac{\beta E^C}{\alpha_{FM}} \right) \left(\frac{t_L}{1 - t_L} \right) - \left[\frac{E^{PF} + \frac{\beta (E^C + E^A + E^{PM})}{\alpha_{FM}}}{2t_L \varepsilon_{LL}^2} \right] \quad (9.5)$$

$$- \frac{\partial^2 t_F^*}{\partial \varepsilon_{LL}^2} = \left[\frac{E^{PF} + \frac{\beta (E^C + E^A + E^{PM})}{\alpha_{FM}}}{3t_L \varepsilon_{LL}^3} \right] > 0 (\text{Máximo}) \quad (9.6)$$

$$\frac{\partial t_F^*}{\partial E^{PF}} = \left[\frac{\frac{(E^C + E^A + E^{PM})}{\alpha_{FM}}}{1 + \frac{t_L \varepsilon_{LL}}{1 - t_L (1 + \varepsilon_{LL})}} \right] > 0 (\text{Máximo}) \quad (9.7)$$

$$\frac{\partial t_F^*}{\partial \beta} = \left(\frac{E^C}{\alpha_{FM}} \right) [\varepsilon_{LL} - \varepsilon_{LL}^c (1 - \eta_{MI})] \left(\frac{t_L}{1 - t_L} \right) + \left[\frac{\frac{(E^C + E^A + E^{PM})}{\alpha_{FM}}}{1 + \frac{t_L \varepsilon_{LL}}{1 - t_L (1 + \varepsilon_{LL})}} \right] > 0 (\text{Máximo}) \quad (9.8)$$

$$\frac{\partial t_F^*}{\partial \varepsilon_{LL}^c} = \left(\frac{1 - \eta_{MI} t_L (q_F + t_F)}{\eta_{FF} (1 - t_L)} \right) + \left(\frac{\beta E^C}{\alpha_{FM}} \right) \left(\frac{t_L}{1 - t_L} \right) (-1 + \eta_{MI}) > 0 (\text{Máximo}) \quad (9.9)$$

en este caso $\frac{\partial t_F^*}{\partial \varepsilon_{LL}^c}$, es un máximo siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

$$\eta_{MI} \neq 1; \text{ y si } \frac{q_F + t_F}{\eta_{FF}} > \frac{\beta}{\alpha_{FM}} E^c \quad (9.10)$$

10. Anexo 2: Derivación analítica del impuesto óptimo a la gasolina

Siguiendo a Parry & Small (2005), se explicará la derivación del modelo del impuesto óptimo a la gasolina.

A. Derivaciones

Antes de pasar a la derivación del modelo se definirán los siguientes términos:

$$\begin{aligned}
I &= (1 - t_L)L \\
\eta_{MI} &= \frac{\partial M}{\partial I} \frac{I}{M} \\
\eta_{LI} &= \frac{\partial L}{\partial I} \frac{I}{L} \\
\eta_{FF} &= -\frac{dF}{dt_F} \frac{P_F}{F} \\
\eta_{MF} &= -\frac{dM}{dt_F} \frac{P_F}{M} \\
\eta_{FF}^{\bar{M}} &= -\frac{dF}{dt_f} \Big|_{M=\bar{M}} \frac{P_F}{F} \\
\varepsilon_{LL} &= -\frac{\partial L}{\partial t_L} \frac{(1 - t_L)}{L} \\
\varepsilon_{LL^c} &= -\frac{\partial L^c}{\partial t_L} \frac{(1 - t_L)}{L} \\
\theta_{FI} &= \frac{(P_F)F}{I} \\
P_F &= q_F + t_F
\end{aligned} \tag{10.1}$$

B. Derivando (4.9)

Usando las ecuaciones (4.1)-(4.3),(4.6) y (4.7), el problema de maximización de los hogares puede ser expresado como:

$$\begin{aligned}
V(t_F, t_L, P, A, \pi) &= \max_{C, M, N, F, H} \\
&u(\Psi(C, M, N, \pi M, T, G), N) - \varphi(P) - \delta(A) \\
&+ \mu(N(F, H) - M) + \lambda((1 - t_L)(\bar{L}) - N - \pi M) \\
&- C - (q_F + t_f)F - H
\end{aligned} \tag{10.2}$$

donde λ y μ son multiplicadores de Lagrange y $V(\cdot)$ es la función de utilidad indirecta. Después de haber utilizado el teorema de Euler ($M = M_{FF} + M_{HH}$), las condiciones de primer orden

pueden ser expresadas como:

$$\begin{aligned}\frac{u_c}{\lambda} &= 1; \\ \frac{u_M}{\lambda} &= P_M\end{aligned}\tag{10.3}$$

donde

$$\begin{aligned}P_M &= (q_F + t_F)\alpha_{FM} + \alpha_{HM} + v\pi; \\ \alpha_{FM} &\equiv F/M; \\ \alpha_{HM} &\equiv H/M; \\ v &\equiv 1 - t_L - u_T/\lambda\end{aligned}\tag{10.4}$$

Los hogares equiparan su beneficio marginal de consumo (en dólares), u_M/λ , con el precio total de conducción, P_M . Este último incluye variables como: el combustible utilizado por kilómetro (α_{FM}), el tiempo por kilómetro (π) y otros datos de mercado también dados en kilómetros (α_{HM}), los cuales son multiplicados por sus precios correspondientes. Cabe mencionar que el precio del tiempo, v , es menor que el salario neto ($1 - t_L$) siempre y cuando la utilidad marginal del tiempo viajado, u_T , sea positiva. La igualdad de la utilidad marginal u_M/λ y el precio total se sustenta en el teorema del envolvente, a pesar de que P_M sea endógeno al consumo individual.

Debido a la propiedad de homogeneidad de $M(\cdot)$, los ratios de insumos para la producción de viajes están dados como una función de precios. Todos estos son constantes, a excepción de la tasa del impuesto al combustible, por ende, podemos escribirlos como $(\alpha_{FM}(t_F))$ y $\alpha_{HM}(t_F)$. En la práctica, se simplificamos esto mediante la especificación $(\alpha_{FM}(t_F))$ como una función empírica sencilla, en lugar de derivarla del modelo completo. Usando (10.3) y (4.6)-(4.7), podemos obtener las funciones de demanda de forma convencional, escribiéndolas de la siguiente

manera:

$$\begin{aligned}
 C &= C(P_M, t_L); \\
 M &= M(P_M, t_L); \\
 L &= L(P_M, t_L); \\
 F &= F(t_F, \pi, t_L) = \alpha_{FM}(t_f)M(P_M, t_L); \\
 H &= H(t_F, \pi, t_L) = \alpha_{HM}(t_F)M(P_m, t_L)
 \end{aligned} \tag{10.5}$$

El precio total de conducir de todas las variables exógenas:

$$P_M = P_M(t_F, \pi, t_L) \tag{10.6}$$

Para derivar parcialmente (10.2), podemos eliminar términos usando (B2). Mediante las condiciones de primer orden de F y H y la ecuación de Euler de $M(\cdot)$, obtenemos:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial V}{\partial t_F} &= -\lambda F; \\
 \frac{\partial V}{\partial t_L} &= -\lambda L; \\
 \frac{\partial V}{\partial P} &= -\phi'(P); \\
 \frac{\partial V}{\partial A} &= -\delta'(A); \\
 \frac{\partial V}{\partial \pi} &= -\lambda vM
 \end{aligned} \tag{10.7}$$

Diferenciado totalmente (4.8) y manteniendo G constante:

$$\frac{dt_L}{dt_F} = \frac{F + t_F \frac{dF}{dt_F} + t_L \frac{dL}{dt_F}}{L} \tag{10.8}$$

Esto representa a la disminución del presupuesto del impuesto al trabajo dado por un incremento gradual del impuesto a la gasolina. El efecto sobre el bienestar, producto de un incremento en el impuesto a la gasolina, se encuentra a través de (10.7), ecuación que nos permite escribir la

derivada total de dV/dtF . Para esto hay que tomar en cuenta que la restricción presupuestaria de (10.8) y las externalidades expuestas de (4.3)-(4.5). Al ser esto un análisis normativo, la variables agregadas de \bar{F} y \bar{M} son iguales a F y M , obteniendo como resultado (4.9).

C. Derivando (4.11) y (4.12) Para determinar el impuesto óptimo a la gasolina (t_F^*), vamos a considerar que (4.9) es igual a 0. Pero antes, escribiremos sus componentes en términos de elasticidades que sean empíricamente medibles.

En primer lugar, tomamos en cuenta el último término de (4.9). Sustituyendo (10.6) en (10.5), podemos escribir a L como una función de tF, π y t_L . Diferenciando totalmente como cambios de t_F :

$$\frac{dL}{dt_F} = \frac{\partial L}{\partial t_F} + \frac{\partial L}{\partial \pi} \frac{d\pi}{dt_F} + \frac{\partial L}{\partial t_L} \frac{dt_L}{dt_F} \quad (10.9)$$

Sustituyendo (10.9) en (10.8) y resolviendo para dt_L/dt_F se obtiene una expresión alternativa para el presupuesto balanceado del impuesto al trabajo:

$$\frac{dt_L}{dt_F} = - \frac{F + t_F \frac{dF}{dt_F} + t_L \left(\frac{\partial L}{\partial t_F} + \frac{\partial L}{\partial \pi} \frac{d\pi}{dt_F} \right)}{L + t_L \frac{\partial L}{\partial t_L}} \quad (10.10)$$

Reemplazando (10.10) en (10.9) y multiplicando por t_L :

$$t_L \frac{dL}{dt_F} = MEB_{LtF} \frac{dF}{dt_F} - \frac{MEB_L}{\partial L / \partial t_L} \left(\frac{\partial L}{\partial t_F} L - \frac{\partial L}{\partial t_L} F + L \frac{\partial L}{\partial \pi} \frac{d\pi}{dt_F} \right) \quad (10.11)$$

donde MEB_L es definida en (12b). Ahora consideramos el término en paréntesis de (10.11).

Usando (10.4) y (10.5), aplicamos la regla de la cadena para diferenciar $\pi(M)$:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial t_F} &= \frac{\partial L}{\partial P_M} \alpha_{FM}; \\ \frac{\partial L}{\partial \pi} &= \frac{\partial L}{\partial P_M} q; \\ \frac{\partial \pi}{\partial t_F} &= \pi' \frac{dM}{dt_F} \end{aligned} \quad (10.12)$$

De las ecuaciones de Slutsky aplicadas a las funciones de demanda (10.5):

$$\begin{aligned}\frac{\partial L}{\partial P_M} &= \frac{\partial L^c}{\partial P_M} - \frac{\partial L}{\partial I} M; \\ \frac{\partial L}{\partial t_L} &= \frac{\partial L^c}{\partial t_L} - \frac{\partial L}{\partial I} L\end{aligned}\quad (10.13)$$

en donde el superíndice c denota un coeficiente compensado. Partiendo de la propiedad de simetría de bienes en la función de Slutsky:

$$\frac{\partial L^c}{\partial P_M} = \frac{\partial M^c}{\partial t_L} \quad (10.14)$$

El ocio es debilmente separable de la funcion de utilidad. Por lo tanto, cuando su precio cambia debido a una variación en t_L , los cambios resultantes en la demanda de consumo y de viajes se producen sólo a través de una variación en el ingreso disponible:

$$\frac{\partial M^c}{\partial t_L} = \frac{\partial M}{\partial I} (1 - t_L) \frac{\partial L^c}{\partial t_L} \quad (10.15)$$

donde $(1 - t_L) \partial L^c / \partial t_L$ es el cambio en el ingreso disponible conllevando esto a un incremento en el impuesto al trabajo. Utilizando (10.12)-(10.15) y las definiciones de I , η_{MI} y E^c de (10.1) y (4.10):

$$\begin{aligned}\frac{\partial L}{\partial t_F} L - \frac{\partial L}{\partial t_L} F &= F \frac{\partial L^c}{\partial t_L} (\eta_{MI} - 1); \\ L \frac{\partial L}{\partial \pi} \frac{d\pi}{dF} &= \left(\eta_{MI} \frac{\partial L^c}{\partial t_L} - \frac{\partial L}{\partial I} L \right) E^c \frac{dM}{dF}\end{aligned}\quad (10.16)$$

Sustituyendo (10.16) en (10.11), usando las expresiones ε_{LL} , ε_{LL}^c y η_{LI} en (10.1) y usando la ecuación de Slutsky $\varepsilon_{LL} = \varepsilon_{LL}^c + \eta_{LI}$ tenemos:

$$t_L \frac{dL}{dt_F} = MEB_{LtF} \frac{dF}{dt_F} - \left(\frac{MEB_L}{\varepsilon_{LL}} \right) \varepsilon_{LL}^c F (\eta_{MI} - 1) + E^c \frac{dM}{dt_F} [\varepsilon_{LL} - (1 - \eta_{MI}) \varepsilon_{LL}^c] \quad (10.17)$$

Usando (10.17) podemos ahora igualar (4.9) a 0. Dividiendo para dF/dt_F y usando la defini-

ciónde η_{FF} en (10.1) y MEC_L en (4.13), obtenemos (4.11). Finalmente, usando (10.2):

$$\frac{dF}{dt_F} = \frac{F}{M} \frac{dM}{dt_F} + M\alpha'_{FM} \quad (10.18)$$

Multiplicando para $(q_F + t_F)$ y usando $\alpha'_{FM} = (dF/dt_F | \overline{M}) / \overline{M}$, descompusimos η_{FF} en (4.13).

D. Derivando (4.16)

Primero, usamos definiciones de η_{FF} , η_{MF} y MEC_F para escribir (4.9) como:

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{dt_F} = (MEC_F - t_F) \left(\frac{F\eta_{FF}}{P_F} \right) + t_L \frac{dL}{dt_F} \quad (10.19)$$

donde $P_F \equiv q_F + t_F$. Después sustituimos (10.17) por el último término, reagrupamos y extraemos $(F\eta_{FF}/P_F)$ y encontramos:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{dt_F} &= \left(\frac{F\eta_{FF}}{P_F} \right) (MEC_F - t_F) (1 + MEB_L) \\ &+ \left(\frac{F\eta_{FF}}{P_F} \right) \frac{\tau_L}{1 - \tau_L \varepsilon_{LL}} \left[\frac{(1 - \eta_{MI}^c \tau_{LPF})}{\eta_{FF}} - \frac{\beta}{\alpha_{FM}^{LL}} - (1 - \eta_{MI}) \varepsilon_{LL}^c \tau_L \right] \end{aligned} \quad (10.20)$$

Suponga que reemplazamos el impuesto a la gasolina por un impuesto a KMV. Para mantener la notación consistente llamamos a la tasa de impuesto $t_F^v \alpha_{FM}^v$, donde α_{FM}^v es el inverso de la eficiencia promedio de los vehículos antes de imponer el impuesto. Debido a que la función $M(F, H)$ es homogénea y ya no hay necesidad de variar el precio de F o de H, el ratio α_{FM} es ahora α_{FM}^v . Por lo tanto, el pago de impuestos se puede escribir como $t_F^v \alpha_{FM}^v M = t_F^v F$ en analogía a los pagos del impuesto $t_F F$ en el caso del impuesto a la gasolina.

Como resultado, las derivaciones anteriores aplican con t_F , reemplazado por t_F^v . Esto incluye el reemplazo de cualquier derivado con respecto a t_F por el derivado correspondiente con respecto a t_F^v . Como se había mencionado, α_{FM} es constante con respecto a t_F^v . Equivalentemente,

$\eta_{FF}^{\bar{M}} = 0$, por lo que concluimos que $\eta_{FF}^v = \eta_{MF}^v$ y $\beta = 1$, donde

$$\begin{aligned}\eta_{MF}^v &\equiv \frac{q_F + t_F^v}{M} \frac{dM}{dt_F^v}; \\ \eta_{FF}^v &\equiv \frac{q_F + t_F^v}{F} \frac{dF}{dt_F^v}\end{aligned}\quad (10.21)$$

La pregunta ahora es ¿cuál es el opuesto empírico de η_{FF}^v ? Recuerde que los conductores optimizan los valores de F y H para reducir el costo de M al mínimo. Por lo tanto el precio de viajar P_M cambia en F veces el cambio el cambio en la tasa de impuesto. Para demostrar esto formalmente, descomponemos los cambios en M tanto en el impuesto KMV y en el impuesto al combustible. Recuerde que $M = M(p_M, t_L)$. Ignorando el pequeño cambio en retroalimentación de los cambios en t_L por las consideraciones de presupuesto balanceado, podemos usar la regla de la cadena como mostramos a continuación:

$$\frac{dM}{dt_F^v} = \frac{\partial M}{\partial P_M} \alpha_{FM} \quad (10.22)$$

$$\frac{dM}{dt_F} = \frac{\partial M}{\partial P_M} \frac{dP_M}{dt_F} \quad (10.23)$$

La función del costo de producir M es simplemente $C(M; t_F) = (P_M - v\pi)M$. Aplicando el Lema de Shepard se obtiene que:

$$F = \frac{dP_M}{dt_F} M \quad (10.24)$$

Lo que implica que las variables del lado derecho de (10.22) y (10.23) son iguales. Equivalentemente, $\eta_{MF}^v = \eta_{MF}$. Esto significa que el propósito de calcular el impuesto a KMV, η_{MF}^v se mantiene en el mismo valor que en el cálculo de impuesto a la gasolina, mientras que $\eta_{FF}^v \equiv \eta_{MF}^v / \beta$ se reduce al valor η_{MF} y β cambia a uno.

Con el fin de incluir los efectos sobre el bienestar de reemplazar el impuesto a la gasolina con el impuesto a KMV a alguna tasa arbitraria $t_F^v \alpha_{FM}^v$, se procede de la siguiente manera. Primero, se reduce gradualmente el impuesto a la gasolina hasta cero, usando (4.14) para calcular el valor de la eficiencia de combustible e integrando (4.17) para calcular el cambio en el bienestar

agregado. En segundo lugar usamos (4.11) para calcular el impuesto a KMV óptimo, en términos equivalentes a un impuesto a la gasolina, t_F^{v*} . En este calculo se establece a $\beta = 1$, η_{MF} es igual a su valor previo, $\eta_{FF} = \eta_{MF}$, y α_{FM} se iguala a su valor óptimo cuando hay un impuesto a la gasolina de cero. En tercer lugar, se usa el valor de t_F^{v*} para reemplazar a t_F^* en (4.17). Se integra a (4.17) (con η_{FF} reemplazado por η_{MF}) mientras se eleva gradualmente a t_f de 0 a t_f^v . El cambio total en el bienestar agregado es la suma de las dos integraciones realizadas.