

**ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE BIENES ENERGÉTICOS EN
EL HOGAR Y SUS EFECTOS EN EL BIENESTAR**

Autores:

De la Cruz Sandoval Ricardo

Salazar Rios Carlos Renato

Chávez Vásquez Darha

Santos Viera Wilder

Lima, diciembre de 2021

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería del Perú
Gerencia de Políticas y Análisis Económico

ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE BIENES ENERGÉTICOS EN EL HOGAR Y SUS EFECTOS EN EL BIENESTAR

Documento de Trabajo N° 52 Gerencia de Políticas y Análisis Económico

Los documentos de trabajo de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico de Osinergmin buscan contribuir a la discusión de diferentes aspectos de la problemática del sector energético y minero desde un punto de vista académico. Osinergmin no se identifica, necesariamente, ni se hace responsable de las opiniones vertidas en el presente documento. Las ideas expuestas en los documentos de trabajo pertenecen a sus autores y no implican necesariamente una posición institucional de Osinergmin. La información contenida en el presente documento se considera proveniente de fuentes confiables, pero Osinergmin no garantiza su completitud ni su exactitud. Las opiniones y estimaciones representan el juicio de los autores dada la información disponible y se encuentran sujeto a modificaciones sin previo aviso.

Está permitida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio, siempre y cuando se cite la fuente y los autores.

Autores: Ricardo de La Cruz Sandoval, Carlos Renato Salazar Rios, Darha Valeskka Chávez Vásquez y Wilder Jhonatan Santos Viera.

Se solicita indicar en lugar visible la autoría y la fuente de la información.

Citar el documento como: De La Cruz, R.; Salazar, C.; Chávez, D. y W. Santos (2021). Análisis de la demanda de bienes energéticos en el hogar y sus efectos en el bienestar. Documento de Trabajo N° 52 Gerencia de Políticas y Análisis Económico – OSINERGMIN, Perú.

Para comentarios o sugerencias dirigirse a:

Osinergmin

Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar

Lima, Perú

Tel. (511) 219-3400, anexo 1057

ISSN 2307 – 4272 (En línea)

Portal Corporativo

<http://www.osinergmin.gob.pe/>

Portal de la GPAE

https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/estudios_economicos/

Correo electrónico: gpa@osinergmin.gob.pe

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin
Gerencia de Políticas y Análisis Económico-GPAE
Documento de Trabajo N° 52

Análisis de la demanda de bienes energéticos en el hogar y sus efectos en el bienestar

Resumen

En el Perú, el consumo de bienes energéticos representa uno de los rubros más importantes dentro del presupuesto familiar. En particular, la electricidad y el gas licuado de petróleo (GLP) están ubicados en el *Top 10* de bienes más relevantes en el hogar. Con el objetivo de cuantificar el grado de sensibilidad de estos bienes ante choques en los precios e ingresos, se estimó un sistema de demanda para los cuatro principales bienes energéticos (GLP, leña, electricidad y gas natural) que se emplean en las actividades diarias de los hogares. El estudio utilizó la información de la Encuesta Residencial de Consumo y Uso de Energía (ERCUE), ejecutada durante el periodo 2019-2020, aplicando una extensión al modelo propuesto por Deaton y Muelbauer (1980a) la cual incorpora un procedimiento de dos etapas para corregir el sesgo de selección por la presencia de gastos nulos en algunos bienes. Los resultados muestran que, las elasticidades de todos estos bienes son cercanas a 1, es decir, son bienes necesarios. Sin embargo, las elasticidades ingreso del GLP y del gas natural son mayores que las de la electricidad y la leña. Las elasticidades precio son inelásticas, salvo para el caso del gas natural, y las elasticidades precio-cruzada de la demanda son positivas lo que representa una evidencia estadística de la sustituibilidad entre estos energéticos. Finalmente, las simulaciones de un *shock* de precios concluyeron que el impacto de un incremento en 10% del precio de electricidad es mayor en comparación con los otros bienes energéticos; mientras que, ante un aumento simultáneo de 10% en los precios de esos cuatro bienes requeriría compensar a un hogar, en promedio, un monto aproximado al 1% de la canasta básica familiar para mantenerlos con el mismo nivel de bienestar.

Analysis of the demand for energy goods in the home and its effects on well-being

Abstract

In Peru, the consumption of energy goods represents one of the most important components within the household's budget. In particular, electricity and liquefied petroleum gas (LPG) are located in the top 10 of the most relevant goods. In order to quantify the degree of sensitivity of these goods to prices and income shocks, a demand system was estimated for the four main energy goods (LPG, firewood, electricity and natural gas) used in daily household activities. The study used information from the Residential Energy Consumption and Use Survey (ERCUE), carried out during the period 2019-2020, applying an extension to the model proposed by Deaton and Muelbauer (1980a) which incorporates a two-stage procedure to correct the selection bias due to the presence of null expenditures in some goods. The results show that the elasticities of all these goods are close to 1, that is, they are necessary goods. However, the income elasticities of LPG and natural gas are higher than those for electricity and firewood. The price elasticities are inelastic, except in the case of natural gas, and the cross-price elasticities of demand are positive, which represents statistical evidence of substitutability between these energy sources. Finally, the simulations of a price shock concluded that the impact of a 10% increase in the price of electricity is greater compared to other energy goods; whereas, in the face of a simultaneous increase of 10% in the prices of these four goods, it would require compensating a household, on average, an amount approximately to 1% of the average expenditure on basic basket of goods and services to maintain them with the same level of well-being.

Tabla de Contenido

1. Introducción	6
3. Revisión de Literatura	9
4. Metodología	12
4.1. Base de datos	17
5. Resultados	17
6. Conclusiones.....	19
7. Anexo.....	20
8. Bibliografía	23

1. Introducción

Los estudios de demanda de los bienes energéticos en los hogares juegan un rol importante en el diseño de políticas orientadas a promover la sustitución y eficiencia energética en los países y el Perú no es la excepción. La demanda por bienes energéticos es una demanda derivada de las decisiones diarias que realizan los hogares para cubrir necesidades energéticas como la iluminación, cocción y refrigeración. Estas decisiones están afectas por restricciones presupuestales y temporales, costos de oportunidad, accesibilidad a diferentes energéticos, precios relativos y también por variables sociodemográficas y culturales. Por ejemplo, en el caso peruano, el gasto en bienes energéticos representa uno de los rubros más importante dentro del presupuesto familiar. El análisis del comportamiento de la demanda de bienes energéticos permite entender los niveles de sensibilidad o reacción que tienen los hogares ante choques en los precios e ingresos y su correlato en los niveles de bienestar de las familias.

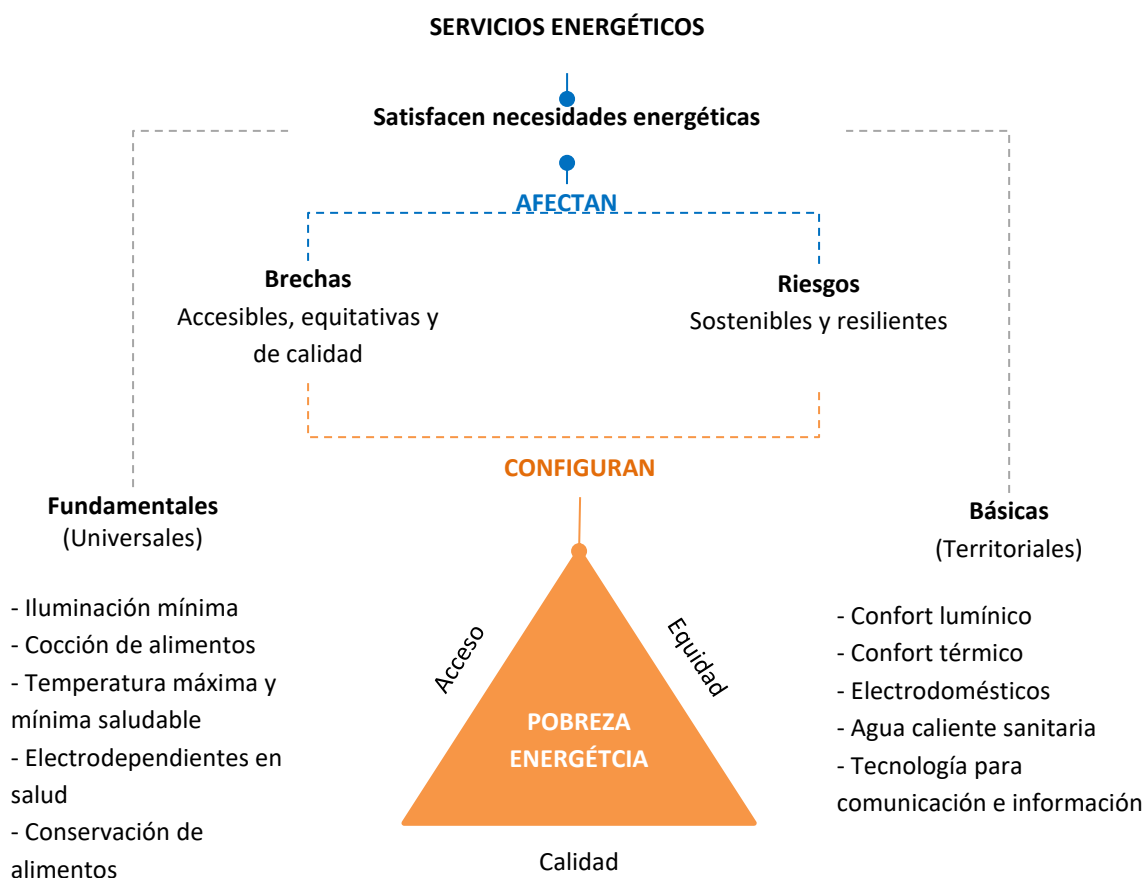
Este documento de trabajo presenta las estimaciones de las elasticidades de la demanda energética residencial, para ello, se utiliza una extensión al sistema de demanda propuesto inicialmente por Deaton y Muellbauer (1980a). Asimismo, se incorpora una sección de simulaciones respecto al cambio en el bienestar producto de variaciones en los precios de los bienes energéticos analizados. A partir de la segunda sección se presenta una descripción de la importancia de los bienes energéticos en el presupuesto familiar en el país. En la tercera sección se realiza un resumen de la revisión de literatura sobre el análisis de la demanda de bienes energéticos a nivel residencial. En la cuarta sección, se muestra la metodología que se utiliza, así como las fuentes de información. En la quinta sección se analizan los resultados generados de la evaluación. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de política. Por ejemplo, una de las conclusiones del documento señala que un hogar necesitaría una compensación económica de S/ 64 para no alterar su nivel de bienestar ante un incremento en el precio de la electricidad del 10%.

2. Motivación

El consumo de bienes energéticos en el hogar responde al requerimiento de satisfacer ciertas necesidades, las cuales presentan heterogeneidad, según el ámbito geográfico, el nivel de ingresos, costumbres, entre otros factores.

El trabajo de Calvo et al. (2021) clasifica a estas necesidades energéticas en dos tipos: fundamentales y básicas. Las fundamentales se caracterizan porque su no consumo podría implicar efectos nocivos sobre la salud. Su acceso debería ser considerado de carácter universal, independientemente del contexto territorial donde se ubique el hogar. Dentro de los ejemplos de este tipo de necesidades están la cocción y conservación de alimentos, el acceso al agua, la temperatura mínima y máxima saludable y la disponibilidad de suministro eléctrico continuo. Por otra parte, las necesidades básicas están relacionadas a características ecológicas (biofísicas, geográficas y climáticas), técnicas (tecnológicas e infraestructurales) y culturales propias de un determinado territorio. El confort térmico, agua caliente sanitaria (ACS), iluminación, electrodomésticos y dispositivos tecnológicos de educación, entre otros (véase Ilustración 1) son ejemplo de este tipo de necesidades.

Ilustración 1 Necesidades energéticas (fundamentales y básicas)



Fuente: Calvo et al. (2021).

Calvo et al. (2021) también resalta la importancia del acceso a la energía y sus vínculos con el desarrollo humano y económico de la población (Acheampong et al., 2021; Riva et al., 2018; Banerjee et al., 2021; entre otros). Cuando un hogar no tiene acceso equitativo a servicios energéticos de alta calidad (adecuados, confiables, no contaminantes y seguros) que permita el desarrollo humano y económico de sus miembros se concluye que está en una condición de pobreza energética.

En relación con el uso de bienes energéticos al 2020, la electricidad es la fuente de energía más utilizada por los hogares peruanos, y alcanza una cobertura del 96% a nivel nacional. Sin embargo, presenta diferencias significativas entre el ámbito urbano (99%) y rural (86%). Respecto al uso del gas licuado de petróleo (en adelante GLP), el 77% de los hogares utilizan este producto, 81% en las zonas urbanas y 58% en las áreas rurales y se constituye como el principal energético empleado para la cocción de alimentos. Por otra parte, el desarrollo de la industria del gas natural ha permitido que esta fuente de energía esté disponible en algunas zonas del país. Al cierre de este documento, y con la información disponible, alcanza a casi un décimo del total de hogares a nivel nacional (9%), donde Lima se constituye como la principal beneficiaria con el 22% de hogares. Finalmente, el uso de la leña aún está presente en el 29% de los hogares peruanos y con un contraste entre zonas, mientras el área urbana registra una participación de 19%, la rural eleva su valor a 67%.

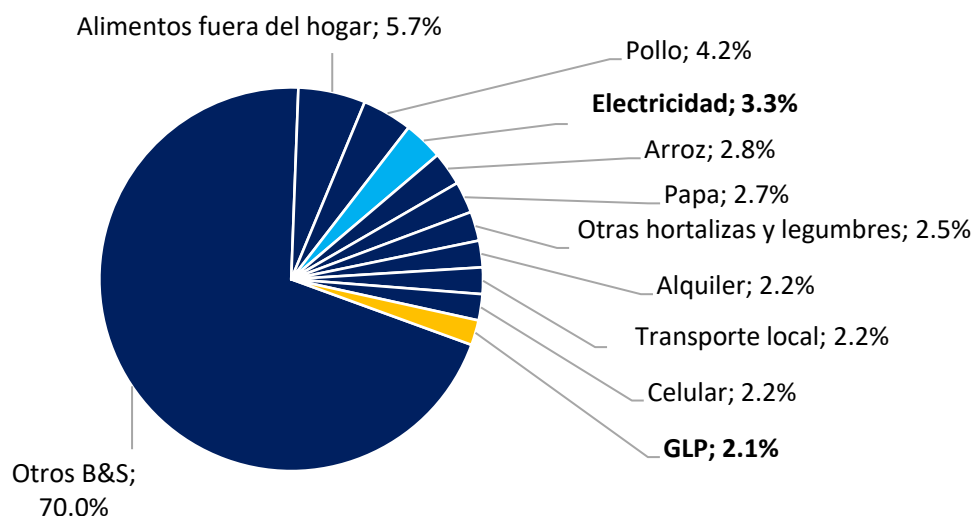
Uno de los aspectos relevantes para el análisis de los bienes energéticos es el peso que representa sobre el presupuesto familiar. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Hogares (en adelante ENAHO), el gasto promedio en electricidad; GLP; gas natural; leña; vela; carbón; combustibles vehiculares (petróleo y gasolina) y bosta representó el 6.8% del gasto total en el hogar. En particular, la electricidad y el GLP se ubicaron en el “*Top 10*” de los bienes más relevantes dentro del presupuesto familiar en el país (véase Ilustración 2). La electricidad fue el bien energético con mayor participación promedio en el gasto total con el 3.3%, seguido del GLP con 2.1%¹.

El gasto en la canasta de bienes energéticos depende, entre otras variables, de la ubicación geográfica de los hogares. Las familias de la costa registraron el gasto relativo más alto respecto a otras regiones del país (6.69%), desatándose el porcentaje de gasto realizado en Lima Metropolitana, el cual representó el 7.5% de su presupuesto en este tipo de bienes.

La importancia de los bienes energéticos para la economía familiar justifica la necesidad de cuantificar el impacto sobre el bienestar de incrementos en los precios de la energía, independientemente si provienen de choques en los mercados internacionales o la implementación de medidas tributarias o de compensaciones económicas.

¹ Los otros bienes energéticos mostraron las siguientes participaciones: combustibles vehiculares (0.58%); el gas natural (0.17%); el carbón (0.07%); la vela (0.04%) y la bosta (0.02%).

Ilustración 2: Distribución de los bienes y servicios en la canasta familiar en el 2020



Fuente: ENAHO (2020). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

3. Revisión de Literatura

En esta sección se realiza un resumen de diversos documentos que estudiaron el sistema de demanda de bienes para el sector energético y también aquellos que realizaron un análisis de bienestar para este sector. Destaca la aplicación de los modelos de Sistema de Demanda Casi Ideal (AIDS, por sus siglas en inglés), así como algunas de sus extensiones, como su aproximación lineal (LA-AIDS) y el cuadrático (QUAIDS); mientras que, por el lado de la medición de bienestar, se ha centrado la revisión en la medición de la variación compensatoria.

Una de las ramas de investigación más recurrentes ha sido la necesidad de estimar parámetros de sensibilidad de la demanda para entender la relación que existe entre el ingreso en el hogar y su importancia para fomentar la transición energética. En esta línea, Gupta y Köhlin (2006) investigaron la demanda de bienes energéticos (leña, carbón, querosene y GLP) que son usados por los hogares en la India, pues la migración de bienes energéticos fósiles hacia combustibles menos contaminantes tiene un impacto en la calidad de vida de las personas. La demanda para estos combustibles fue estimada en dos etapas, la primera consistió en estimar la decisión de utilizar estos energéticos mediante un modelo Probit. En la segunda etapa, solo los hogares que participaron en la elección fueron considerados para estimar la demanda. Para ello, se incorporó un ajuste por sesgo de selección.

Los resultados mostraron que las elasticidades precio fueron negativas y significativas para la leña y el querosene; sin embargo, para el carbón fue negativa pero no significativa. En el análisis de las elasticidades cruzadas, la demanda de GLP resultó sustituto al precio del querosene, mientras que este combustible fue sustituto al precio del carbón, y este último al precio de la leña con una

elasticidad negativa, lo que indica su complementariedad. En particular, para esta muestra, se concluyó que, además del precio, existen otros factores importantes como la disponibilidad y facilidad de uso que afectan a la elección del combustible y la cantidad utilizada.

Por su parte, Labandeira, Labeaga y Rodríguez (2006) realizaron una estimación pionera de la demanda para bienes energéticos en España que incorporó submuestras diferenciadas por localización y características de la vivienda de los hogares españoles. Con el fin de establecer una referencia para la toma de decisiones ante posibles *shocks* en los precios que conlleven a medidas compensatorias o para diseñar reformas de políticas. El estudio concluyó que las elasticidades-precio de los productos energéticos eran bastante inelásticos en España, donde la electricidad era el bien energético más elástico y el gas natural, el más independiente. En algunos casos se identificó que existían efectos de precios cruzados. Por ejemplo, una sustitución limitada entre la electricidad y el gas natural en las zonas urbanas; y entre el GLP y la electricidad en todos los demás lugares. En referencia a las elasticidades-ingreso, los alimentos, la electricidad y el GLP se identificaron como bienes normales; mientras que el gas natural, los combustibles para automóviles y el transporte público, como bienes de lujo. Finalmente, el GLP fue la fuente de energía más inelástica con relación a los ingresos.

En la misma línea, Ngui et al. (2010) realizó un estudio prospectivo del mercado energético en Kenia, como consecuencia de la falta de estudios enfocados en las decisiones de los hogares; hasta entonces, existían trabajos basados solo en factores macroeconómicos. Los autores estimaron las elasticidades-precio e ingreso de diferentes bienes energéticos para una muestra de 3665 hogares en Kenia mediante la aplicación lineal del LA-AIDS e incorporaron, en el proceso de estimación, el enfoque de Amemiya-Tobin para controlar el sesgo de selección. Los resultados indicaron que el gasohol automotriz y los lubricantes tienen una elasticidad-precio de la demanda elástica, mientras que, el querosene, la leña, el GLP, el carbón y la electricidad son inelásticos. El querosene presentó una elasticidad-ingreso elástica, mientras que la leña, el carbón, el GLP, la electricidad y el gasohol automotriz fueron inelásticos.

Por su parte, Murjani (2017) estimó la demanda de los tres bienes energéticos más relevantes para Tabalong en Indonesia: combustible premium, electricidad y GLP. Estos energéticos presentaban beneficios gracias a una política de subsidios. El autor empleó la información de la Encuesta Económica Social Nacional (Susenas, por sus siglas en inglés) y combinó dos modelos de estimación de demanda, según la linealidad de la curva de Engel: la LA-AIDS y el QUAIDS. El estudio abarcó un conjunto de variables de precios de los bienes energéticos y variables socioeconómicas como el nivel de educación, género y edad del jefe del hogar, la localización y el nivel de gasto del hogar.

Los resultados de las estimaciones se presentaron para dos grupos divididos por el nivel de ingresos, y se observó que: i) en agregado, el grupo de ingresos altos (60% superior) recibió una mayor cantidad de subsidios por ser el grupo de mayor consumo de los bienes energéticos analizados; además, de acuerdo a las estimaciones, este grupo clasificó a la electricidad y al GLP doméstico como bienes de lujo, y al combustible *premium* como un bien necesario (elasticidad ingreso de la demanda de 0.97) y con la capacidad de ser sustituible (elasticidad de precio de la demanda de -

0.93); ii) los hogares que estaban en el grupo de ingresos bajos (40% inferior) consideraron a la electricidad como un bien de lujo, mientras que, al GLP un bien necesario.

Además, el estudio concluyó que las elasticidades propias en los hogares del segundo grupo fueron menores que en las del primero, si el precio de los bienes energéticos aumentó, esto implicaría una reducción del subsidio energético y afectaría más a los hogares con menos recursos. El autor planteó que el gobierno debería reformular el subsidio energético para proteger a los hogares pobres.

En otra línea de investigación se hallan los trabajos ligados a una estimación de la demanda que lleven a la sustitución o transición de bienes energéticos con el fin de paliar las consecuencias de la contaminación del aire y del calentamiento global. Tenkorang et al. (2015) estudiaron la relación entre el etanol y la gasolina bajo un enfoque AIDS en Estados Unidos. Esto debido al apoyo del estado a la producción de etanol con el objetivo de masificar el uso de combustibles más limpios y para establecer una menor dependencia de las gasolinas, las cuales se ven afectas a los incrementos de precios internacionales. Si bien el etanol y la gasolina compiten entre sí como combustibles para vehículos, también el etanol se expende como mezcla, por ello, ambos energéticos podrían ser complementarios. Los autores hallaron que antes de la acelerada expansión de la producción de etanol, ambos combustibles eran sustitutos; sin embargo, ahora se han convertido en complementarios por el aumento de la participación del etanol en la producción de combustible. Asimismo, identificaron que la gasolina es un bien normal, mientras que el etanol y el diésel son lujosos.

El trabajo de Waleed y Mirza (2020) investigó los patrones de consumo de bienes energéticos en Pakistán, para conocer el comportamiento de los hogares con el fin de que alcancen la transición energética de usar fuentes de energía contaminantes a otras más limpias. No obstante los beneficios, estas energías limpias estaban en constante conflicto por sus precios, factores externos y las características de los mismos hogares. En el estudio concluyó que la leña y el querosene exhiben una mayor inelasticidad al precio en las áreas rurales respecto a las áreas urbanas, mientras que la energía más limpia es más inelástica en precios en las áreas urbanas con respecto a las áreas rurales.

En relación con la literatura de análisis de bienestar, Affuso (2019) investigó el impacto en el bienestar de la población de Groenlandia, a raíz de los efectos del cambio climático y bajo tres variables *proxys* como medida del cambio climático. Su finalidad fue validar la hipótesis de que el clima es un factor potencial en el gasto de los consumidores y adicional a los precios de bienes representativos dentro de la canasta del consumidor. Las variables *proxys* consideradas fueron las siguientes: (i) las anomalías del cambio de la masa de la capa de hielo anuales, (ii) las anomalías de la temperatura anuales, y (iii) las anomalías de grados por día de calefacción anuales. La estimación de la demanda se realizó en base al trabajo de Maddison (2003) que examinó cómo el clima afecta los patrones de consumo de la población². Sin embargo, el enfoque de Maddison (2003) es más

² El estudio se realizó a 88 países entre 1975 y 1990, y el autor concluyó que, ante el cambio climático, los países con una mayor latitud podrían obtener beneficios potenciales de un ligero cambio de temperatura; sin embargo, las economías de latitudes bajas (o cercanas al ecuador) podrían incurrir en pérdidas.

flexible debido a que combinó el trabajo desarrollado por Deaton y Muellbauer (1980a) y el modelo Translog de Jogernson et al. (1982). Como resultado, el autor obtuvo un modelo QUAIDS, el cual posibilitó la inclusión de las curvas de Engel no lineales en el modelo. En el caso de Affuso (2019), se comparó la variación compensada (en adelante VC) entre un escenario base (con cambio climático) y uno contrafactual (sin cambio climático) bajo el uso de datos en panel para el periodo 2003-2017. Los resultados indicaron que la riqueza del consumidor per cápita pudo haber disminuido, en promedio, 0.18% anualmente; mientras que, la pérdida del nivel de bienestar agregado acumulado entre ese periodo habría sido de aproximadamente USD 21.63 millones constantes de 2010.

Por su parte, Okonkwo (2020) evaluó el impacto sobre el bienestar de un impuesto de carbono para los hogares de Sudáfrica luego de estimar las demandas de bienes energéticos mediante el modelo QUAIDS. Como consecuencia de las simulaciones de 20% de variación en los precios de la electricidad, los combustibles para motor y el transporte, tanto de forma individual como conjunta, se hallaron tres resultados: i) el incremento en el precio de la electricidad y el transporte público tienen efectos regresivos sobre la pérdida de bienestar, es decir, esta disminuye a medida que se observan hogares con un mayor nivel de ingresos; ii) el incremento en el precio de combustibles de motor tiene un efecto progresivo, en contraposición al anterior resultado; y, iii) un incremento simultáneo, afecta más a los hogares pobres. Además, el estudio mostró que la pérdida de bienestar es mayor ante una variación conjunta que una individual. El trabajo propuso una redistribución a partir de los impuestos recaudados por el impuesto del carbono, el cual estaría dirigido a los hogares ubicados por debajo de la línea de pobreza o que se pertenecen al 40% inferior de la distribución de los ingresos. Este trabajo se basó en la investigación elaborada por Renner et al. (2018), el cual también empleó el modelo QUAIDS y realizó simulaciones para analizar el impacto sobre el bienestar de los hogares de México mediante la VC y sobre las emisiones de CO₂. Como consecuencia, se obtuvo que, al simular escenarios de incrementos de precios, solo los combustibles para motores tienen efectos progresivos en la pérdida de bienestar, caso contrario, sucede con el gas, la electricidad y el transporte público, que tiene un efecto regresivo con mayor impacto en la clase media.

4. Metodología

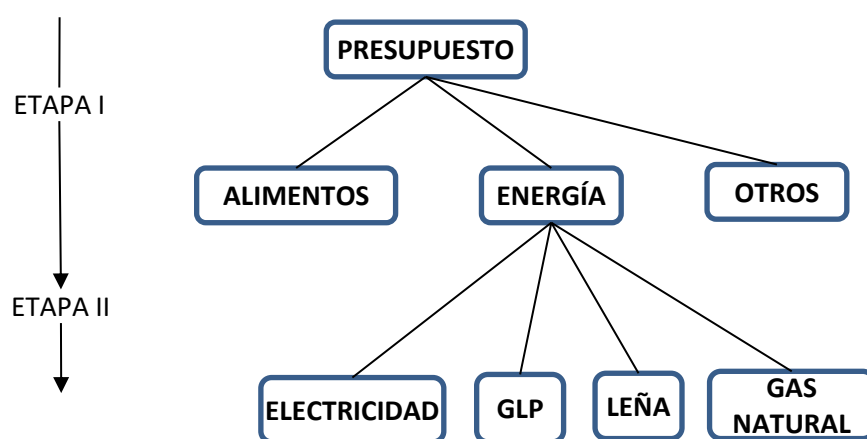
El proceso metodológico para la estimación de los parámetros parte del supuesto de que el consumidor asigna su presupuesto en dos etapas (véase **Ilustración 3**). En la primera etapa, el total del presupuesto familiar es asignado entre distintos grupos de bienes y/o servicios (alimentación, energía, transporte, entretenimiento, entre otros). En la segunda fase, el presupuesto asignado a cada grupo es distribuido a nivel de cada bien o servicio.

Una condición suficiente y necesaria para viabilizar este proceso es la separabilidad débil de la función de utilidad. Según Philips (1983), la separabilidad señala que las tasas marginales de sustitución entre dos bienes del mismo grupo son independientes de la cantidad de otro bien que pertenece a un grupo diferente. Para ejemplificar lo anterior, asúmase que existen los bienes i, j, k y l que pertenecen a las categorías r y q . El bien GLP (i) y gas natural (j) pertenecen a la categoría de

energía (r), mientras que el bien pollo (k) y pescado (l) conforman el grupo alimentos (q). A partir de ello, se puede señalar que los bienes energéticos y los alimentos son débilmente separables si una modificación en el consumo del GLP no afecta la tasa marginal de sustitución entre el pollo y pescado en el grupo alimentos.

En el presente estudio se analizará al grupo de bienes relacionados al gasto de energía en el hogar. Debido a la disponibilidad de información, las fuentes de energía priorizadas son las siguientes: la electricidad, GLP, gas natural y la leña. Estos energéticos representan el mayor peso relativo del nivel de gasto en el rubro de energía en los hogares peruanos.

Ilustración 3: Proceso multietápico de asignación presupuestal



Fuente: Chambwera y Folmer (2007)

Por otra parte, se empleará el método de mínimos cuadrados generalizados no lineal factible interactivo (IFGNLS, por sus siglas en inglés) para el cálculo de los parámetros de sensibilidad de la demanda energética residencial, el cual partirá de la modelación de un Sistema Cuadrático Casi Ideal de Demanda (QUAIDS, por sus siglas en inglés.) con un ajuste por sesgo de censura.

El trabajo de Banks et al. (1997) generaliza el modelo desarrollado por Deaton y Muellbauer (1980a) para obtener una mejor aproximación a las curvas de Engel subyacentes a los datos reales. Los autores demuestran, a través de estimaciones no paramétricas, la existencia de relaciones no lineales entre cantidades consumidas e ingreso y fundamentan la necesidad de incluir un término no lineal en el logaritmo del ingreso en las ecuaciones de demanda de los distintos bienes. El modelo QUAIDS es compatible con la existencia de bienes que se comportan como bienes de lujo a determinados niveles de ingreso y como bienes necesarios a niveles superiores.

La forma funcional del modelo QUAIDS, respecto a la participación del gasto de cada bien (i), se define en la ecuación **[1]** donde w_i representa el porcentaje de participación en el gasto del bien i ,

p_j representa el precio del bien j y m expresa el presupuesto del hogar asignado al grupo de bienes a analizar³:

$$w_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln(p_j) + \beta_i \ln\left(\frac{m}{a(P)}\right) + \frac{\lambda_i}{b(P)} \left(\ln\left(\frac{m}{a(P)}\right)\right)^2 \quad [1]$$

Donde $a(P)$ es un índice de precios translogaritmico definido de la siguiente forma:

$$\ln(a(P)) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln(p_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln(p_i) \ln(p_j) \quad [2]$$

Y $b(P)$ es una agregación del precio a lo Cobb-Douglas:

$$b(P) = \prod_{j=1}^n p_j^{\beta_j} \quad [3]$$

Con el objetivo de garantizar la consistencia con la teoría económica⁴, se requiere la imposición de ciertas restricciones respecto a los parámetros presentados en las ecuaciones previas. Una de las primeras restricciones se la denomina aditividad:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \wedge \sum_{i=1}^n \beta_i = 0 \wedge \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0 \wedge \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0 \forall j \quad [4]$$

Asimismo, dado que las funciones de demanda son homogéneas de grado cero en precios e ingreso, se agrega la siguiente restricción de homogeneidad:

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{ij} = 0 \forall j \quad [4]$$

Finalmente, la restricción de simetría de Slutsky establecerá la siguiente condición:

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad [5]$$

Es importante resaltar que, en la base de datos de la ERCUE, existe una importante cantidad de observaciones con gastos relativos en algunas fuentes de energía iguales a cero, lo que evidencia la

³ El modelo de Deaton y Muelbauer (1980a) es un caso especial cuando $\lambda_i = 0$.

⁴ Véase Anexo I para mayores detalles.

existencia de soluciones de esquina. De acuerdo con Nsabimana et al. (2022) las razones de estas observaciones con niveles de gasto nulo están relacionada a sus preferencias, accesibilidad, asequibilidad, frecuencia en el consumo, entre otros.

La incorporación de los gastos nulos en el proceso de estimación generará sesgos en los estimadores de interés. La estrategia de solución utilizada es la propuesta por Shonkwiler y Yen (1999). Los autores proponen un procedimiento en dos etapas. En la primera etapa, los hogares deciden si consumirán o no el bienes o servicio analizado. Luego de esta decisión, decidirán el porcentaje de su ingreso que destinarán para satisfacer sus necesidades, condicional a la decisión en la primera etapa.

En la primera etapa, se estiman modelos de elección discreta, a través de modelos Probit, a partir del cual se calculan para cada hogar los valores de la distribución acumulada ($\Phi(\cdot)$) y función de densidad de probabilidad ($\phi(\cdot)$).

$$d_{ih}^* = z'_{ih}\theta + v_{ih} \quad [6]$$

$$d_{ih} = \begin{cases} 1 & \text{si } d_{ih}^* > 0 \\ 0 & \text{si } d_{ih}^* \leq 0 \end{cases} \quad [7]$$

En la segunda etapa, la función de densidad de probabilidad y probabilidad acumulada son incorporadas en las ecuaciones de presupuesto relativo para cada bien. En tal sentido, las funciones de demanda del sistema se modifican de la siguiente forma:

$$w_i^* = \Phi(z'_{ih}\theta) \left[\alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln(p_j) + \beta_i \ln\left(\frac{m}{a(P)}\right) + \frac{\lambda_i}{b(P)} \left(\ln\left(\frac{m}{(P)}\right) \right)^2 \right] + \varphi_i \phi(z'_{ih}\theta) \quad [8]$$

Yen et al. (2002) identificó que, a diferencia de los sistemas convencionales sin censura, los componentes determinísticos de la ecuación [8] no suma, en la mayoría de los casos, la unidad para las ecuaciones de demanda analizadas. Por tanto, el procedimiento habitual de eliminar una de las ecuaciones de forma arbitraria ya no es válido. Bajo un esquema censurado, todas las ecuaciones del sistema serán utilizadas en el proceso de estimación en la segunda etapa.

A partir de este modelo, se especifican las elasticidades precio no compensada e ingreso de los bienes analizados. Las cuales tiene esta forma funcional:

$$\epsilon_i^m = 1 + \frac{\Phi_i}{w_i} \left[\beta_i + \frac{2\lambda_i}{b(P)} \ln\left(\frac{m}{(P)}\right) \right] \quad [9]$$

$$\epsilon_{ij}^p = -\delta_{ij} + \frac{\Phi_i}{w_i} \left[\gamma_{ij} - \left(\beta_i + \frac{2\lambda_i}{b(P)} \ln\left(\frac{m}{(P)}\right) \right) \left(\alpha_j + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln(p_j) \right) - \frac{\beta_j \lambda_i}{b(P)} \left(\ln\left(\frac{m}{(P)}\right) \right)^2 \right] \quad [10]$$

Donde δ_{ij} es el delta de Kronecker definido como 1 si $i = j$ y 0 en caso contrario. Para el cálculo de la elasticidad precios compensada se utilizará la ecuación de Slutsky:

$$\epsilon_{ij}^{Hp} = \epsilon_{ij}^p + \left(\frac{\beta_i}{w_i} + 1 \right) w_j \quad [11]$$

Finalmente, para la cuantificación del impacto sobre el bienestar de los hogares ante variaciones de los precios se utilizará la variación compensatoria, la cual representa la cantidad máxima de ingreso que habría que otorgarle a un hogar para que ante un incremento en los precios se mantenga en el mismo nivel de utilidad inicial.

En este proceso se han realizado las simulaciones relacionadas a las variaciones en los precios de los bienes energéticos. Estos cambios se plantearon tanto de forma independiente como conjunta, para la cual, la aproximación de Taylor posee propiedades que ayudan al cálculo del cambio del bienestar (Renner, Lay y Greve, 2018). Friedman y Levinson (2002) aproximan la VC mediante una aproximación de Taylor. De la cual, la aproximación de primer orden refleja el cambio en el bienestar a través de los cambios de precios y las participaciones de los bienes en el periodo anterior al cambio ($\Delta C = q\Delta p$). Este cálculo de primer orden se expresa, luego, mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta \ln C^h \approx \sum_{i=1}^n w_i \Delta \ln p_i^h \quad [12]$$

Donde i hace referencia a los bienes de forma individual dentro del sistema y h hace referencia a los hogares, además, C representa el nivel de la función de costo de cada hogar, w_i representa el costo de cada bien entre el nivel de gasto antes del cambio de precios. Sin embargo, la expresión [12] no captura el efecto sobre el bienestar que se presenta ante múltiples cambios en los precios, por lo que, la expansión de segundo orden de Taylor aplicado en la función de costo mínimo ($\Delta C \approx q\Delta p + \frac{1}{2} \Delta p^T s \Delta p$) permite cuantificar el comportamiento de la sustitución de bienes (Friedman y Levinsohn, 2002). Luego de una manipulación algebraica, la expresión quedará como sigue:

$$\Delta \ln C^h \approx \sum_{i=1}^n w_i^h \Delta \ln p_i^h + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i^h \epsilon_{ij} \Delta \ln p_i^h \Delta \ln p_j^h \quad [13]$$

Donde ϵ_{ij} representa la elasticidad compensada cruzada entre los bienes energéticos i y j , y el resto de las variables e indicadores se mantienen como en la aproximación de primer orden. Para obtener

los valores en términos absolutos, se multiplica $\Delta \ln C^h$ por el gasto anual asignado a este grupo de bienes clasificado como energéticos para el hogar.

Para el presente trabajo, se han simulado variaciones en 10% de los precios en forma individual, así como en forma conjunta. Además, las variaciones compensadas se presentan como el promedio de pérdida en el bienestar por hogar y como el agregado según grupo de usuarios afectos a la variación.

4.1. Base de datos

La base de datos utilizada es la Encuesta Residencial de Consumo y Usos de la Energía (ERCUE) aplicada durante los meses de diciembre del 2019 a febrero del 2020 a 14 100 hogares a nivel nacional. Esta encuesta tiene como uno de sus objetivos recopilar información sobre los patrones de uso y consumo de los distintos bienes energéticos consumidos en el país. La ERCUE posee un diseño muestral probabilístico multietápico, estratificado y de selección proporcional en la primera y segunda etapa y de selección sistemática en la última etapa.

Una particularidad de la información recolectada fue que más del 68% de los hogares que consumen leña no lo compran sino la recolectan. Para incorporar estas observaciones dentro del modelo de estimación, se imputaron los niveles de gasto en función a los promedios zonales de consumo.

Por otra parte, la información de los precios de electricidad fue incorporada externamente en función a los precios implícitos de cada región publicada por el Sistema de Información Comercial de la Gerencia de Regulación de Tarifas, mientras que los precios del gas natural fueron incorporados de los pliegos tarifarios de cada empresa concesionaria.

5. Resultados

La **Tabla 1** muestra las estimaciones de las elasticidades ingreso y elasticidades precio compensadas para cada uno de los bienes energéticos analizados. Los resultados evidencian que los cuatro energéticos son considerados bienes normales pues a medida que el ingreso en el hogar se incrementa, el consumo de estos también se incrementará. En específico, un incremento del 1% en el ingreso del hogar generaría incrementos mayores al 1% en los consumos de GLP y gas natural, este impacto es mayor respecto a lo que se generaría en el caso de la leña y la electricidad. Dado que la elasticidad-ingreso para estos dos últimos energéticos es menor a la unidad, se les considera bienes esenciales.

Con respecto a las elasticidades precios compensadas,⁵ los resultados muestran que las elasticidades precio del propio bien son negativas de acuerdo con la teoría económica. Los bienes que son inelásticos o menos sensibles ante variaciones en los precios son la leña, la electricidad y el GLP, mientras que el bien elástico para el hogar fue el GN.

Por otra parte, los resultados muestran evidencia estadística de sustituibilidad entre la gran mayoría de bienes para satisfacer sus necesidades energéticas pues las elasticidades-precio cruzadas fueron

⁵ Considera que cambios relativos en los precios dentro de los bienes energéticos no deben impactar al gasto real

positivas. Un incremento en el precio de uno de estos generaría un traslado en el consumo hacia otro de los energéticos. Sin embargo, se registró heterogeneidad en las magnitudes de estos efectos. Por ejemplo, un incremento en el precio del gas natural en 1% generaría un incremento en el consumo del GLP en 0.023%. Mientras que un incremento en 1% en el precio de la electricidad generaría que el consumo de gas natural se incremente en 0.9%.

Tabla 1: Parámetros de sensibilidad de la demanda de energía residencial

Parámetros	GLP	Leña	Electricidad	Gas Natural
Elasticidad Ingreso	1.021 *** (0.0018)	0.999 *** (0.0001)	0.989 *** (0.0004)	1.008 *** (0.0062)
Elasticidades compensadas				
GLP	-0.701 *** (0.013)	0.076 ** (0.005)	0.61 *** (0.013)	0.023 *** (0.002)
Leña	0.168 *** (0.009)	-0.408 *** (0.014)	0.241 *** (0.011)	
Electricidad	0.3 *** (0.009)	0.074 ** (0.006)	-0.35 *** (0.010)	
Gas natural	0.024 *** (0.002)		0.901 *** (0.016)	-1.185 *** (0.017)

Nota: Los errores estándar están en paréntesis.

*** Al 99% de significancia. ** Al 95% de significancia. Se omitieron los valores que no fueron significativos.

Fuente y Elaboración: GPAE-Osinermin

Otro aspecto analizado fue el impacto de las variaciones en los precios sobre el bienestar. Para el presente trabajo, se han simulado variaciones en 10% de los precios en forma individual, así como en forma conjunta. Una variación en el precio de la electricidad generaría un impacto promedio en el bienestar de S/ 65 por hogar, es decir, un hogar necesitaría una compensación económica de S/ 65 para no alterar su nivel de bienestar ante un incremento en el precio de la electricidad del 10%. El efecto acumulado de este impacto sería de S/ 592 millones anuales.

El impacto sobre el bienestar de los hogares que consumen GLP ante un incremento permanente en el precio del GLP sería de S/ 41 por hogar, y alcanzan un nivel acumulado de S/ 269 millones anuales. Mientras que el mismo cambio relativo en el precio del gas natural solo requeriría una compensación de tres soles por hogar para mantener su mismo nivel de utilidad. De forma agregada, los hogares de gas natural tendrían un impacto económico de S/ 2.8 millones anuales.

Finalmente, si el cambio se da en simultáneo en todos los bienes energéticos, el impacto promedio por hogar se estima en S/. 113 al año, que comparado con el gasto promedio en una canasta básica familiar, ascendería a cerca de 1%. A nivel agregado, el impacto se estima en S/ 1 050 millones. Existen diferencias entre los ámbitos rural y urbano, lo cual es causado por la disponibilidad de los bienes energéticos hacia el hogar. Por ejemplo, en la zona rural no hubo, al 2019, acceso al servicio

de gas natural, mientras que la leña en esta zona es un bien sustituto ante aumentos en el precio de GLP.

Tabla 2: Impacto en el bienestar (Variación Compensatoria) ante choques en los precios

Incremento del 10% en el precio de ...	Efecto en el Bienestar por hogar (Soles anuales)	Efecto acumulado sobre el bienestar (Millones de soles anuales)
GLP	S/41	S/ 269
Leña	S/59	S/ 93.1
Electricidad	S/65	S/ 592
Gas Natural	S/3	S/ 2.8
Bienes energéticos	S/113	S/ 1050

Fuente: ERCUE 2019-2020. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

6. Conclusiones

Los bienes energéticos presentan una demanda derivada al satisfacer necesidades fundamentales y básicas en los hogares. Representan uno de los rubros más importante dentro del presupuesto familiar peruano. La electricidad ocupa el puesto 3 (3.3%) y el GLP, el puesto 10 (2.1%) de los bienes más relevantes en la canasta familiar en el país.

Los resultados muestran que, las elasticidades de todos estos bienes son cercanas a 1, es decir, son bienes considerados normales, pues un incremento en los niveles de ingreso del hogar generaría incrementos en los niveles de consumo. Sin embargo, las elasticidades ingreso del GLP (1.021) y del gas natural (1.008) fueron mayores que las de la electricidad (0.989) y la leña (0.999). Dado que la elasticidad-ingreso para estos dos últimos energéticos fueron menores unidad, la teoría económica los clasifica como bienes esenciales.

Respecto a los parámetros de sensibilidad del consumo ante variaciones en precios, los resultados evidencian elasticidades-precio inelásticas para la electricidad, GLP y leña, donde la electricidad es el bien más inelástico dentro del análisis, es decir, cambios en los precios de cada bien no generaría cambios significativos en las cantidades consumidas por los hogares. Solo el gas natural registró una elasticidad precio elástica, debido a la condición económica de estos hogares es más viable reducir su consumo o reemplazarlo por otros energéticos. En esta línea, los resultados muestran evidencia de sustituibilidad entre todos los energéticos, aunque en magnitudes diferenciadas.

Finalmente, las simulaciones de un shock de precios concluyeron que el impacto de un incremento en 10% del precio de electricidad fue mayor en comparación con los otros bienes energéticos; mientras que, ante un aumento simultáneo de 10% en los precios de esos cuatro bienes requeriría compensar a un hogar, en promedio, como un monto aproximado al 1% de la canasta básica familiar para mantenerlos con el mismo nivel de bienestar.

7. Anexo

En esta sección, se realiza una revisión de las propiedades teóricas de la función de demanda agregada debido a su importancia del vínculo entre la teoría y el proceso de estimación.

a. Agregación. Esta propiedad indica que el gasto realizado en cada uno de los bienes debe ser igual al ingreso del individuo, es decir, la restricción presupuestaria debe satisfacerse con igualdad $p'x(y, p) = y$, donde p' es el vector transpuesto de precios, $x(y, p)$ es el vector de las cantidades demandas y la variable y representa el ingreso. Esta condición también es conocida como la Ley de Walras o de presupuesto equilibrado.

Si los precios se mantienen constantes, al diferenciar la ecuación del presupuesto equilibrado respecto al ingreso se obtiene una igualdad denominada agregación de Engel, donde la sumatoria de las propensiones marginales a consumir debe ser igual a la unidad. Esto significa que un incremento en el ingreso del consumidor debe ser gastado completamente en los n bienes de la canasta (Taljaard, 2003). Asimismo, muestra que no todos los n bienes pueden ser suntuarios, normales o inferiores.

b. Homogeneidad. La función de demanda debe ser homogénea de grado cero en precios e ingresos. Esto indica que, si todos los precios de la canasta y el ingreso son multiplicados por un escalar positivo, la cantidad demandada permanece inalterada. En el caso de dos bienes, si los precios de estos aumentan en el mismo factor, se produce un desplazamiento de la recta de presupuesto en dirección al origen, sin embargo, este efecto es anulado con el incremento del ingreso por el mismo factor. Esto también se conoce como la ausencia de la ilusión monetaria porque las unidades en las cuales se expresan los bienes y el ingreso no son relevantes.

c. Simetría. La restricción de simetría restringe a que las derivadas cruzadas respecto al precio de las funciones de demanda compensada sean idénticas, para todo $i \neq j$ ($\frac{\partial x_i^c}{\partial p_j} = \frac{\partial x_j^c}{\partial p_i}$). Esta restricción señala que los efectos cruzados de los precios en la demanda compensada entre dos bienes sean iguales.

d. Negatividad. La restricción de negatividad implica que la matriz de los efectos-sustitución ($\partial x_j^c(p, u) / \partial p_i$) sea semidefinida negativa. Esto se traduce a que la función de demanda compensada nunca tenga pendiente positiva.

Adicionalmente, a las propiedades de la función de demanda que se han presentado, existen dos condiciones particulares de la demanda con gran significado teórico y empírico, las cuales guardan relación con la teoría de la utilidad y desde el punto de vista econométrico de la reducción del número de parámetros a estimar en un sistema de ecuaciones de demanda.

- e. Aditividad.** Esta propiedad indica que la utilidad que genera consumir un bien i es independiente del consumo de otros bienes que conforman la cesta. Una función aditiva matemáticamente se puede representar de la siguiente forma:

$$U = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_n(x_n) \quad [1]$$

Al obtener las utilidades marginales de cada bien, se observa la independencia de las utilidades marginales cuando aumenta el consumo de otro bien. Así, $\frac{\partial U}{\partial x_i} = \frac{\partial f_i}{\partial x_i}$. Y adicionalmente, $\frac{\partial^2 U}{\partial x_i \partial x_j} = 0$. Es importante precisar que la independencia de la utilidad marginal de bien i cuando aumenta el consumo de algún bien j no significa que un cambio en el precio de este último bien no tenga impacto en la demanda por el bien i . El efecto de sustitución cruzado no desaparece.

f. Separabilidad

Para garantizar que los argumentos de la función de utilidad se puedan agregar; primero, se realiza una agrupación de los bienes de la canasta en subconjuntos de bienes que son sustitutos cercanos o complementarios cercanos entre sí. Por ejemplo, la función de utilidad $U = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$ se puede representar como $U = f(A, B)$ donde $A = f_a(X_1, X_2)$ y $B = f_b(X_3, X_4)$.

Según Philips (1983), una función es separable si la tasa marginal de sustitución entre dos bienes del mismo grupo es independiente de la cantidad de otro bien que pertenece a un diferente grupo. Esta condición se denomina separabilidad débil. Para ejemplificar lo anterior, se supone que existen los bienes i, j, k y l que pertenecen a las categorías r o q . Los bienes gasolina (i) y gas natural vehicular (j) pertenecen a la categoría de combustibles (r), mientras que el bien pollo (k) y pescado (l) conforman el grupo carnes (q). Se puede señalar que los combustibles y las carnes son débilmente separables si una modificación en el consumo de gasolinas no afecta la tasa marginal de sustitución entre el pollo y pescado del grupo carnes. Esto se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial \left(\frac{\partial f}{\partial X_{ri}} / \frac{\partial f}{\partial X_{rj}} \right)}{\partial X_{qk}} = 0 \quad [2]$$

La expresión anterior indica que la tasa marginal de sustitución de los bienes i y j no se ven afectados a cambios en la cantidad de consumo del bien k . Así, el grupo al que pertenecen los dos primeros bienes es débilmente separable del grupo al cual pertenece k .

Por otro lado, la separabilidad fuerte restringe que la función de utilidad $U = f(A, B)$ sea aditiva. La característica central de la aditividad es que cualquier combinación de los bienes forma un conjunto separable de cualquier otro (Deaton y Muellbauer, 1980b).

8. Bibliografía

Acheampong, A.; Erdiaw, M. y M. Abunyewah (2021) Does energy accessibility improve human development? Evidence from energy-poor regions. *Energy Economics* (96), 105165.

Affuso, E. (2019). Consumer welfare and climate change in Greenland. *Energy Economics*, 84, 104505.

Banerjee, R.; Mishra, V. y A.A. Maruta (2021). Energy poverty, health and education outcomes: evidence from the developing world. *Energy Economics*, 101, 105447.

Barnett, W. y Serletis, A. (2008). Measuring Consumer Preferences and Estimating Demand Systems. University of Kansas, Department of Economics.

Blanciforti, L., Green, R. y King, G. (1986). "U.S. Consumer Behavior Over the Postwar Period: An Almost Ideal Demand System Analysis." Giannini Foundation Monograph No. 40, University of California, Davis.

Calvo, R.; Álamos, N.; Billi, M.; Urquiza, A. y R. Contreras (2021). Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe.

Christensen, L., Jorgenson, D. y Lau, L. (1975). Transcendental logarithmic utility functions. The American Economic Review Vol. 65, No. 3, p. 367-383. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/1804840>

Deaton, A. y Muellbauer J. (1980a). An Almost Ideal Demand System. The American Economic Review. Vol. 70, No. 3, p. 312-326. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/1805222>

Deaton, A. y Muellbauer J. (1980b). Economics and consumer behaviour. Editor: Cambridge University.

Diewert, W. (1971). An Application of the Shephard duality theorem: a generalized Leontief production function. *Journal of Political Economy* 79, 481-507.

Diewert, W. (1974). Applications of duality theory. M. Intriligator and D. Kendrick, (Eds.), *Frontiers in quantitative economics*, Vol. 2. North-Holland, Amsterdam.

Friedman, J. y J. Levinsohn (2002). The distributional impacts of Indonesia's financial crisis on household welfare: A "rapid response" methodology. *The World Bank Economic Review*, 16(3), 397-423.

Gupta, G. y G. Köhlin (2006). Preferences for domestic fuel: analysis with socio-economic factors and rankings in Kolkata, India. *Ecological Economics*, 57(1), 107-121.

Jorgenson, Dale., Lau, L.J., Stoker, T.M., 1982. The Transcendental Logarithmic Model of Aggregate Consumer Behavior. In: Basman, RL, Rhodes, G (Eds.), *Advances in Econometrics*. Greenwich: JAI Press, pp. 97–238.

Klein, L. y Rubin, H. (1947-1948). A constant-utility index of the cost of living. *Review of Economic Studies*, Vol. 15: 84 – 87.

Labandeira, X.; Labeaga, J. M. y M. Rodríguez (2006). A residential energy demand system for Spain. *The Energy Journal*, 27(2).

Lau, L. (1974). Applications of duality theory: A comment. M. Intriligator and D.Kendrick, (Eds.), *Frontiers of quantitative economics*, Vol. 2. North Holland, Amsterdam.

Maddison, David, 2003. The amenity value of the climate: the household production function approach. *Resour. Energy Econ.* 25 (2), 155–175.

Murjani, A. (2017). Energy Goods Demand in Tabalong Regency: Almost-Ideal Demand System Approach. *Jurnal Bina Praja: Journal of Home Affairs Governance*, 9(2), 307-319.

Ngui, D.; Mutua, J.; Osiolo, H. y E. Aligula (2011). Household energy demand in Kenya: An application of the linear approximate almost ideal demand system (LA-AIDS). *Energy policy*, 39(11), 7084-7094.

Nsabimana, A.; Rukundo, B. J.; Mukamugema, A. y J. C. Ngabitsinze (2022). Residential energy demands in Rwanda: Evidence from Robust models. *Energy Policy*, 160, 112665.

Okonkwo, J. U. (2021). Welfare effects of carbon taxation on South African households. *Energy Economics*, 96, 104903.

Phlips, L. (1983). *Applies Consumtio Analysisis* (Advanced Textbooks in Economics). Editorial: Elsevier Science Ltd

Pollak, R. y Wales, T. (1980). Comparison of the quadratic expenditure system and translog demand systems with alternative specifications of demographic effects. *Econometrica* 48 (3), p. 595-612. Disponible en <https://ideas.repec.org/a/econ/emetrp/v48y1980i3p595-612.html>

Renner, S., Lay, J., Greve, H., 2018. *Household welfare and CO2 emission impacts of energy and carbon taxes in Mexico*. *Energy Econ.* 72 (C), 222–235.

Riva, F.; Ahlborg, H.; Hartvigsson, E.; Pachauri, S. y E. Colombo (2018). Electricity access and rural development: Review of complex socio-economic dynamics and causal diagrams for more appropriate energy modelling. *Energy for Sustainable Development* (43), 203-223.

Shonkwiler, J. S. y S.T. Yen (1999). Two-step estimation of a censored system of equations. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(4), 972-982.

Stone, R. (1954). Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the pattern of British demand. *Economic Journal*, Vol. 64: 511 - 527.

Taljaard, P. (2013). Econometric Estimation of the demand for meat in South Africa. Disponible en <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US2016216133>

Tenkorang, F.; Dority, B. L.; Bridges, D. E. Lam (2015). Relationship between ethanol and gasoline: AIDS approach. *Energy Economics*, 50, 63-69.

Varian, H. (2010). Un enfoque actual Microeconomía Intermedia. *España: 8va. Edición, editado por Anthony Bosh.*

Vial, B. y F. Zurita (2007). Microeconomía Intermedia. Trabajo Docente N° 73. *Pontificia Universidad Católica de Chile – Instituto de Economía.*

Waleed, K. y F. M. Mirza (2020). Examining behavioral patterns in household fuel consumption using two-stage-budgeting framework for energy and environmental policies: Evidence based on micro data from Pakistan. *Energy Policy*, 147, 111835.

Working, H. (1943). Statistical laws of family expenditure. *Journal of the American Statistical Association* 38, p. 43-56.

Yen, S. T.; Kan, K. y S.J. Su (2002). Household demand for fats and oils: two-step estimation of a censored demand system. *Applied Economics*, 34(14), 1799-1806.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin
Gerencia de Políticas y Análisis Económico – GPAE

Alta Dirección

Jaime Mendoza Gacon Presidente del Consejo Directivo

Julio Salvador Jácome Gerente General

Equipo de Trabajo de la GPAE

Ricardo de la Cruz Sandoval Gerente de Políticas y Análisis Económico

Especialistas Sectoriales:

Victor Raúl Zurita Saldaña (Minería), Carlos Renato Salazar Rios (Econometría), Juan Manuel Rivas Castillo (Especialista en Asociaciones Público Privadas), y Carlo Magno Vilches Cevallos (Análisis de Impacto Regulatorio).

Analistas Económicos:

Francisco Javier Coello Jaramillo, Carlos Alberto Miranda Velásquez, Melissa Isabel Llerena Prato Longo, Pablo Anthony Suclupe Girio, Ernesto Yuri Guevara Ccama, Thaís Chávez Porta, Darha Chávez Vásquez, Alex Carrillo Chávez y Merry Romero Córdova.

Asistentes:

Wilder Santos Viera y José Emilio Chicasaca Huamani.