

# Crecimiento economico y consumo electrico

yo

## Introduccion

El suministro de electricidad constituye un servicio publico clave para que los procesos industriales operen normalmente así como para sostener el consumo de los usuarios residenciales. Proporcionar una fuente de energía constante es una fuente de energía que impulse la actividad económica, además de mantener el funcionamiento los mercados y a la vez generar bienestar al permitir que los ciudadanos tengan altos estándares de calidad de vida. Por lo que sin electricidad la actividad económica podría ser inviable, dado esta relevancia el sector eléctrico se encuentra con intervención estatal, que en algunos países se manifiesta con empresas públicas y regulaciones a las actividades de las empresas privadas de acuerdo con los mecanismos de mercado. En el Perú el enfoque en la generación eléctrica es vía mercados competitivos, y para fomentar la inversión privada en la infraestructura, se debe desarrollar una regulación que promueva la eficiencia económica en los sectores sujetos a condiciones de monopolio natural,<sup>1</sup> así como la supervisión del cumplimiento de las normas de seguridad aplicables al sector, lo anterior en el Perú está a cargo del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) el cual cuenta con autonomía gubernamental.

En los últimos años se observó un importante desarrollo del sector eléctrico en el Perú, en promedio, tuvo un crecimiento de alrededor del 8 % anual, sosteniendo el crecimiento de la actividad económica, la cual alcanzó tasas de crecimiento 4 %. Por otro lado también se observó una disminución de la pobreza energética y el mayor acceso de la población a los servicios energéticos se volvieron prioridad de política pública. Para resaltar, la cobertura eléctrica nacional pasó de 69.8 % en 2001 a 92.0 % en 2014 y, en las zonas rurales, de 24.4 % a 75.2 %, estas políticas de energía aún siguen vigentes, además un Decreto legislativo que mejora la Regulación de la Distribución de Electricidad para promover un mayor grado de acceso y uso de la energía eléctrica en el Perú con altos estándares de calidad e innovación Osinergmin (2017).

Los principales demandantes de grandes cantidades de energía son la minería y la industria, las cuales por las características económicas necesitan electricidad en casi todas las etapas de su actividad económica, con su alta demanda eléctrica ya no están sujetas a las regulaciones de precios en este caso se les llama “usuarios libres”<sup>2</sup>, los cuales pueden acordar el precio al cual comprar la energía eléctrica. Ya que en el Perú, la entrada a “trabajar” por parte de las generadoras está en base al menor costo, donde las empresas con menores costos son las que entran primero a vender electricidad en este caso las empresas generadoras hidráulicas, luego entran las de quema de combustible pero se prioriza centrales que funcionan a base de gas natural.

Dada estas implicancias sobre la energía eléctrica, los agentes que interactúan en el mercado categorizan a la electricidad como un bien intermedio dentro de sus procesos de producción, pues requieren de una fuente de energía continua y sostenible que permita satisfacer sus necesidades de producción influenciadas por la dinámica de crecimiento económico del país. En tal sentido, la demanda eléctrica comercial e industrial también es considerada una demanda derivada a las necesidades productivas de los agentes económicos involucrados y dada las particularidades de la energía la cual impide que sea almacenada a gran escala a costos viables, se requiere que la oferta tenga la suficiente capacidad instalada para poder atender lo más pronto posible estados anormales de demanda eléctrica.

---

<sup>1</sup>En el sector eléctrico destacan la transmisión y distribución eléctrica las cuales están sujetas a tarifas eléctricas eficientes, por otro lado la comercialización eléctrica en otros países está en base a la competencia en el Perú la distribuidora aume ese papel también.

<sup>2</sup>Consumidores que su consumo superior a 2.5 MW los que están en el rango 0.2 - 2.5 MW, pueden decidir si forman parte de los usuarios libres

Por su parte el Producto Interno Bruto (PIB) per capita, es uno de los indicadores de bienestar de la poblacion, asi que casi siempre hay politicas orientadas a estimular el crecimiento economico, las teorias sobre los principales componentes que causan un crecimiento economico sostenido han evolucionado desde que *Solow* el cual presento un modelo de crecimiento economico. Ahora los modelos incluyen variables nuevas por ejemplo, de capital humano, inversion de capital intangible, institucionalidad, recursos energeticos y muchos mas; ya que la base del crecimiento economico es el incremento de la productividad de los elementos incluidos en un modelos, es importante saber cuales son los impactos de las variables al crecimiento economico, ademas de saber las condiciones iniciales necesarias para que estas actuaen por el canal de transmision correcto.

Ya que el Producto per capita es visto como un indicador de bienestar es tomado usualmente en estos modelos economico de crecimiento, debido a que el objetivo de las economias es lograr un mayor bienestar para todos lo habitantes, se ha convertido en principio de discursos politicos y de politica publica. Pero no solo es tener crecimiento economico, lo que se requiere es que el crecimiento economico sea sostenido en el largo plazo ademas de que sea poco influenciado por variables altamente volatiles, para que shock no afecte en demasia al crecimiento. Y dada la crisis sanitaria que actual se vive en el mundo basicamente todas las economias vieron una caida en el PIB, y dado esto es importante poder impulsar el crecimiento cuando esta crisis sanitaria termine.

## Importancia de la investigacion

Actualmente las investigaciones en el peru respecto a la relacion crecimiento economico y consumo de electricidad son escasos, por lo que aun no se sabe empiricamente el mecanismo de trasmision del tema. Por loque el desarrollo de la investigacion tratara de cubrir ese vacio en literatura para que pueda servir tanto para la aplicacion de politica publica o optimizacion eficiente de los recursos energeticos.

## Antecedentes teoricos

Muchos autores se han preocupado sobre la interaccion entre el Crecimiento Economico (CEc) y el Consumo Electrico<sup>3</sup> (CEL). Como la electricidad es un bien que dada sus características, no se puede almacenar en grandes cantidades ademas de que los costos incurridos en ello son actualmente bastante elevados, por lo que se debe atender a una demanda inmediata dicho esto, la oferta debe adaptarse muy rapido para anteder algun exceso de demanda, pero tambien debe estar atento para cuando la demanda baja para evitar sobrecargar el sistema, todas estas coordinaciones estan a cargo del Comité de Operación Económica del Sistema (COES) por lo que la interaccion entre las actividades productivas y el consumo elctrico determinaran las acciones de politicas energeticas adecuadas.

La Prensa Nacional de Academias (NAP)<sup>4</sup> Press (2017) mostro un esquema de sobre como las 2 variables interaccuan de la siguiente manera:

“La electrificacion como un medio de proceso basado en el uso de la electricidad, la electrificacion puede aumentar o disminuir el consumo de electricidad, dependiendo de factores tales como si hay un cambio en la tecnica de produccion de no electrico a electrico, la cantidad de electricidad consumida puede ser mayor si los precios de los productos caen debido a una mayor eficiencia en la produccion, incrementandose la productividad expresado normalmente como la tasa de crecimiento de la productividad de los sectores productivos, que un agregado significa un incremento en la productividad nacional, dando como consecuencia el incremento de los ingresos, ademas de un incremento en la demanda de la electricidad”

En tanto Keen (2019) basandose en Kummel (2010) establece una funcion de produccion modificada con energia, la cual llama Energy-Augmented Cobb-Douglas Production Function (EACDPF)

$$Q = AK^{\alpha}L^{\beta}E^{\chi}$$

La condición de retornos constantes a escala ahora es:

$$\alpha + \beta + \chi = 1$$

<sup>3</sup>En un principio era la variable **energia** pero ahora se se validaron modelos con el Consumo Electrico

<sup>4</sup>The National Academies press

La energia no jugaria un papel importante en la ecuacion anterior si se elige valores de  $\alpha$  y  $\beta$  tales que  $\alpha + \beta = 1$  ya que esto elimina cualquier funcion de la energia en la produccion. Si por ejemplo  $\chi$  fuese 0.07 significaria que un aumento en un 50 % de la energia(mientras que se mantienen K y L constantes) causaria solo un aumento del 2.8 % en la produccion, por lo que caidas extremas en la energia tendria efectos triviales en la produccion.

Autores como Payne (2010) y Ozturk y Acaravci (2011) abordan esta relacion potencial entre el Consumo de Energia y Crecimiento Economico, mencionanando 4 hipotesis, y recopilan los trabajos empiricos preexistentes que apoyan estas hipotesis.

#### 1. Hipotesis crecimiento

Sostiene una relacion causal unidireccional del consumo electrico hacia el crecimiento economico. En esta situacion, una reduccion en el consumo electrico tiene un impacto negativo en el crecimiento economico. Si se tradujeran en acciones de politicas de conservacion energeticas orientadas a disminuir la demanda de energia electrica estas pueden tener efectos negativos sobre el crecimiento economico.

$$CEn \rightarrow CEI$$

#### 2. Hipotesis Conservadora

Establece una relacion causal unidireccional desde el crecimiento economico hacia la demanda de energia electrica, en consecuencia las politicas de conservacion de energia electrica tienen poco o nulo impacto sobre el crecimiento economico, debido a que el costo de la energia es muy pequeno como proporcion del PIB y por lo tanto el consumo de energia es probable que tenga un impacto poco significativo en el crecimiento economico.

$$CEI \rightarrow CEI$$

#### 3. Hipotesis retroalimentacion

Establece una relacion bilateral entre el crecimiento economico y el consumo electrico en donde las politicas conservadoras de energia no son recomendables, al contratio, se propone incentivar el desarrollo del sector electrico para impulsar el crecimiento economico.

$$CEc \leftrightarrow CEI$$

#### 4. Hipotesis de neutralidad

Afirma que estas variables son independiente por lo que no existe ninguna relacion de causalidad entre el consumo de energia electrica y el crecimiento economico. En este escenario, las politicas de conservacion de energia orientadas a la reduccion del consumo electrico no tendran influencia en el crecimiento economico.

$$CEc \nleftrightarrow CEI$$

Para poder validar estas hipotesis se basan en modelos de crecimiento endogeno, con estimaciones en series de tiempo y datos de panel, los cuales destacan los modelos de Vectores Autoregresivos (VAR), Vector de correccion de errores (VEC), Tests de causalidad a lo Granger, Test de causalidad a lo Brief, Test TodaYanamoto y test similares para series de tiempo multivariabales.

## Antecedentes empiricos

Hay una gran cantidad de trabajos que examinan las relaciones empíricas entre consumo eléctrico y crecimiento económico. Literatura empírica sobre la relación entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico se puede dividir en dos tiempos períodos: el corto y el largo plazo.

Existen varios trabajos empiricos que examinan las relaciones entre el consumo eléctrico y el crecimiento económico, la literatura empírica sobre esta relación se puede dividir en 2 tiempos: el corto y el largo plazo. Existe también otra división la cual son clasificadas por las 4 hipótesis mencionadas anteriormente.

Ali et al. (2020) examinó la relación entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico, usando mínimos cuadrados dinámicos (DOLS por sus siglas en inglés), para Nigeria en una muestra temporal 1971-2014, donde la relación unidireccional en el largo plazo con significancia al 5 % que se dirige del consumo de energía hacia el crecimiento económico. Amaluddin (2020) examinó la relación entre el consumo eléctrico, el acceso a internet, y el crecimiento económico para las 33 provincias de Indonesia, usando un Modelo de corrección de errores de vector de panel (PVECM por sus siglas en inglés) y DOLS, encontró que en largo plazo confirma la hipótesis de retroalimentación entre el consumo eléctrico y el crecimiento económico por el canal de transmisión del acceso a tecnología. Atchike, Zhao, y Bao (2020) para probar que existe relación causal unidireccional entre el consumo eléctrico en el largo plazo, se apoya en el método de estimación ARLD<sup>5</sup>, donde el canal de transmisión es la inversión directa con un ajuste del 60.72 %. Tsaurai (2020) estudió el consumo de energía renovable en los países de Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica (BRICS) basándose en un modelo de datos de panel desde 1993 hasta 2015, encontró una relación negativa entre el consumo de energía renovable sobre el crecimiento económico, pero su otra estimación sugiere que este impacto negativo se redujo por la educación. Syzdykova et al. (2020) estudió la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en la Comunidad de estados independientes (CIS) desde 1992-2018, encontró empíricamente regresiones con datos de panel que los efectos del consumo de energía sobre el crecimiento difieren, pero en la mayoría de las economías se sobrepone la hipótesis de retroalimentación. Sharma et al. (2020) incluyó una nueva variable de análisis la cual es las tecnologías de información y comunicación como canal de transmisión entre el consumo energético y el crecimiento económico en los países asiáticos, la investigación apoyó la hipótesis de retroalimentación para países con mediana y alta tecnología exportada, mientras que los países con baja tecnología apoyó la hipótesis de neutralidad. Rajkumari (2020) se concentra en Karnataka una provincia de India la cual tiene un rápido crecimiento económico, con un alto crecimiento industrial, sin embargo, el test de causalidad de Granger reveló que no hay alguna relación causal entre las variables apoyando la hipótesis de neutralidad.

Alsaedi y Tularam (2020) estudió la relación dinámica entre el consumo eléctrico, la carga máxima y el consumo eléctrico en Arabia Saudí, usando un modelo VAR muestra una relación bilateral entre el consumo eléctrico y el crecimiento económico, la función de impulso respuesta a 10 años muestra que el ratio de crecimiento es de 7.21 % y 6.87 % para las variables en cuestión, además la contribución del consumo eléctrico, y el crecimiento económico son 10 % y 34 % respectivamente; en tanto la carga máxima es una variable significativa para explicar el crecimiento económico. Amoako (2019) examinó la relación entre el consumo eléctrico y el crecimiento económico en Ghana, mediante un modelo ADLR mostró existe una relación unidireccional que va desde el crecimiento económico y consumo eléctrico. De igual manera la investigación de Balcilar, Bekun, y Uzuner (2019) en Pakistán mostró mediante el test de causalidad de Toda-Yanamoto, una relación unidireccional del crecimiento económico hacia el consumo eléctrico en por que apoya la hipótesis conservadora. Sultan y Alkhateeb (2019) en su investigación para India 1971 - 2014 encontró una relación de largo plazo bidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento, validando estos resultados por el test de causalidad a lo Granger. Marques, Fuinhas, y Marques (2019) en su investigación orientada para China en un periodo desde 1971 hasta el 2014, que en Norte y Sur América, el impacto en el corto y largo plazo las elasticidades entre el consumo de energía y el crecimiento tienen un efecto bilateral significativos al 5 % en el largo plazo, mientras que en largo plazo son significativos al 10 %. En Europa y Asia central la relación en el corto plazo se encuentra una relación unidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento económico, mientras que el largo plazo la relación es bidireccional. En Asia del Pacífico se confirma la hipótesis de retroalimentación en el corto y largo plazo. En África y el Medio Este en el corto plazo se encuentra una

---

<sup>5</sup>Autoregressive Distributed Lag

relacion bilateral entre el consumo de energia y el crecimiento economico, mientras que en largo plazo existe una realcion unidireccional del crecimiento economi hacia el consumo de energia. En China las reformas en el mercado electrico durante el 2000 hasta el 2016 mostro una inconsistencia entre en la relacion entre el crecimiento economico y el consumo electrico, el modelo VAR muestra que no hay relacion alguna entre las variables apostando por la hipotesis de neutralidad (Lin y Wang 2019).

Bakirtas y Akpolat (2018) que en su estudio mostraba la interaccion entre el consumo energetico, la urbanizacion y el crecimiento economico, mostro una relacionb causal validad por el test Dumitrescu-Hurlin panel Granger que paises comerciales emergentes (Colombia, India, Indonesia, Kenua, Malasia, y Mexico), la existencia de causalidad en el sentido de Grandeer para un modelo bivariado que va desde el el crecimiento economico hacia el consumo de energia, mientras que para un modelo trivariado la relacion fue del crecimiento economico y la urbanizacion hacia el consumo de energia, y desde el consumo de energia y el crecimiento econmico hacia la urbanizacion. Bah y Azam (2017) mostro que para Surafrika durante el periodo 1971-2012 no hay evidencia de alguna relacion causal entre las variables estas conclusiones validadas por el Test de Toda-Yanamoto apoyando la hipotesis de neutralidad. Marroquín Arreola y Ríos Bolívar (2017) en un estudio para Mexico mostro una relacion causal en un modelo bivariado unidireccional entre el consumo elecctrico y el crecimiento economico, mientras que para un modelo trivariado la relacion es mediante el ajuste de precios la demanda de electricidad se reduce y esto provoca que el crecimiento economico sea inerte a cambios del consumo de energia apostando por la hipotesis de neutralidad en este escenario. Streimikiene y Kasperowicz (2016) estudio la relacion en el largo plazo entre el consumo de energia y el crecimiento economico, incluyendo capital fijo y el total de empleo observado, para 18 paises de la Union Europea en el periodo 1995-2012, basandose en un modelo **fulli modified ordinary least squares** (FMOLS) donde las variables estan conintegradas apoyando la hipotesis de neutralidad, mientras que su otra estimacion po **dynamic ordinari least squares** apoya la hipotesis de causalidad del consumo energetico hacia el crecimiento economico apoyando la hipotesis de crecimiento.

Osman, Gachino, y Hoque (2016) empleo un modelo de datos de panel (PMEC) para investigar la relacion entre el consumo electrico y el crecimiento economico, para paises pertenecientes al Gulf Corporation Council en un periodo desde 1975-2012, encontrando que en largo plazo que el consumo electrico y el crecimiento economico una relacion bidireccional. Mutascu (2016) mostro en su investigacion para paises perteneciente al G7, durante el periodo 1970-2012, mostro una relacion bidireccional entre el consumo electrico y el crecimiento economico en Canada, Japon, y los Estados Unidos apoyando la hipotesis de retroalimentacion, miestras que para los paises de Francia y Alemania hubo relacion causal unidireccional del crecimiento economico hacia el consumo electrico apoyando la hipotesis conservadora, el resto de paises miembros no mostro una relacion aparente en el sentido de Granger apoyando la hipotesis de neutralidad. Abdoli, Gudarzi Farahani, y Dastan (2015) investigo para paises perteneciente al OPEC la relacion existente entre el consumo electrico y el crecimiento economico en el periodo 1980-2011, y evidencio que el corto plazo que existe relacion causal bidireccional entre el consumo electrico y el crecimiento economico apoyando la hipotesis de retroalimentacion y propone politicas energeticas que mejoren el consumo eficiente electricio. Osigwe y Arawomo (2015) para el pais de Nigeria propuso la interaccion de precios del petroleo, el consumo energetico y el crecimiento economico, los resultados mostraron una relacion causal bidireccional entre el consumo de energia y el crecimiento economico, de igual manera fue la interaccion entre el consumo de energia y el precio de esta.

Iyke (2015) examino la relacion causal dinamica entre el consumo electrico la inflacion y el crecimiento economico en Nigeria con un modelo VECM en el periodo 1971-2011, los resultados muestran que existe una realcion causal del consumo de electrico hacia el crecimiento economico, apoyando la hipotesis de crecimiento. Al-Mulali, Fereidouni, y Lee (2014) exploró los efectos de consumo de energia renovable y no renovable en el crecimiento economico para 18 paises de Ameica en el periodo 1980-2010 mediante una regresion DOLS mostro que el largo plazo hay una relacion de causalidad bidireccional entre las el consumo electrico no renovable y consumo electrico renovable sobre el crecimiento economico, siendo mas significativo la interaccion entre el consumo electrico no renovable con el crecimiento, que el consumo electrico renovable y el crecimiento economico, apoyando la hipotesis de retroalimentacion. Paola y Vargas (2014) en un trabajo para explicar la relacion causal e Chile encontro que el largo plazo existe una relacion causal al 10 % entre el crecimiento economico y el consumo electrico, mientras que eiste una relacion causal del crecimiento economico y el consumo electrico hacia el empleo con significancia del 5 % en primera instancia apoyando la hipotesis

conservadora. Por otro lado los resultados mostraron una relacion causal en el corto plazo que parte desde el consumo electrico hacia el crecimiento economico apoyando la hipotesis de crecimiento en el corto plazo. Abbas y Choudhury (2013) examino la relacion causal entre el consumo electrico y el crecimiento economico en los 2 paises densamente mas poblados del Sur de Asia, Pakistan e India. los resultados mostraron que el sector agriculturero existe relacion causal bidireccion entre el consumo electrico del sector agriculturero y el crecimiento del sector agriculturero en Pakistan, mientras que la India existe una relacion causal unidireccional entre el crecimiento economico hacia el consumo electrico apoyando la hipotesis conservadora. Baranzini et al. (2013) investigo la relacion entre el uso de energia y el crecimiento economico en Suiza en el periodo 1950-2010, encontro una relacion bidireccional entre el uso de energia y el crecimiento economico en el largo plazo siendo significativos al 5 %, por lo tanto al apoyarse en la hipotesis de retroalimentacion sugiere que no se debe impolentar politicas de conservacion de energia ya que esto tendra efectos negativos en el crecimiento economico.

## Hechos estilizados

A continuacion se muestra los hechos resaltantes de las variables relevantes en la investigacion.

### Evolucion del PIB

En la figura @ref(fig:pib-fig) se muestra el comportamiento temporal del PIB nacional mensual<sup>6</sup> a precios constantes del 2012, asi mismo la evolucion de algunos sectores productivos los cuales presinden del consumo electrico en sus actividades productivas. En las subfiguras se muestran que en ambas figuras tienen un comportamiento ascendente, ademas de tener un comportamiento estacional por meses. Hasta que en marzo del 2020, tuviese una caida dramatica en el nivel de actividad economica, esto causado por la suspencion de las actividades economicas no indispensables, asi como el traslado de personas a nivel nacional e internacional. La tasa de crecimiento (para datos desestacionalizados) hasta el 2020 tenia valores positivos para casi todos los sectores y tienen una fuerte caida para inicios del 2020.

sector	2007-2011	2012-2015	2015-2019	2020.1 - 2020.4
construccion	8.05	4.6	1.6	-77
manufactura	3.32	1.1	1.0	-35
mineria	0.76	3.2	3.2	-25
nacional	4.91	4.2	3.0	-21
otros servicios	6.20	5.7	4.0	-12

A el PIB nacional en periodo 2007 - 2011 tuvo un crecimiento promedio de 4.90 %, periodo 2012-2015 un crecimiento del 4.1 %, en el periodo 2015-2019 de un 3.05 %, pero para los datos disponibles del 2020 se nota un decrecimiento de la economia, de un 21 %. Mientras que para otros sectores productivos tiene casi el mismo comportamiento, el promedio de las tasas de crecimiento de los sectores en el periodo temporal 2007 - 2020.4, como se puede observar, los sectores que mas crecieron en el periodo 2007-2011 fueron los sectores de construccion y los otros servicios, el cual tiene incluido al las prestaciones de servicios financieros, para el periodo 2012-2015 en promedio el sector construccion cayo a casi la mitad de su crecimiento del anterior periodo mencionado, por otra parte la tasa de crecimiento de sector “Otros servicios” tenia tendencia a la baja, hasta el siguiente periodo 2015-2019 el cual casi todos los sectores en promedio solo fue de 3.5 %, por ultimo desde inicios del 2020 se registro caidas abruptas en los sectores de construccion (-77.1561490626 %), manufactura (-35.288850401355 %) y mineria(-24.7953647654932 %).

### Consumo electrico

Al igual que el PIB, tiene un comportamiento tendencial, y tambien tiene estacionalidad por periodos,

Por su parte la tasa de crecimiento del consumo electrico para datos desestacionalizados esta presente en la tabla *siguiente*, donde en promedio en el periodo del 2007 al 2011 su crecimiento fue de 7.4 %, en los

<sup>6</sup>Ver anexos las desestacionalizacion de las variables

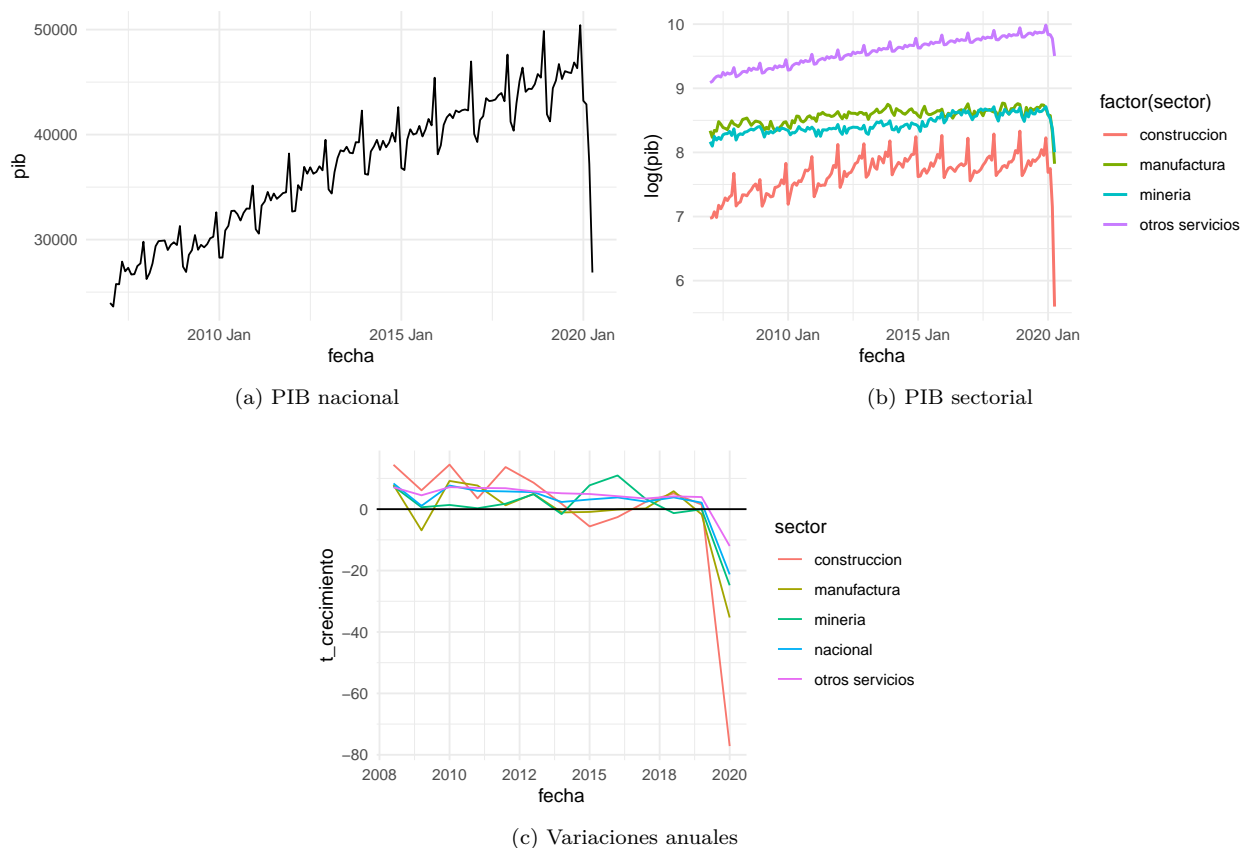


Figura 1: Comportamiento Temporal de las variables

posteriores años se nota una descendencia de la tasa de crecimiento a 5.6 % para los años 2012-2015, y otra descendencia a 4.3 % para el periodo 2015-2019, y hasta marzo del 2020 se nota una drástica caída de la tasa a -12 % en el consumo eléctrico, esta última a causa de la crisis sanitaria.

variable	2007-2011	2012-2015	2015-2019	2020.1 - 2020.4
Crecimiento % del consumo	7.4	5.7	4.3	-12

## Indice de precios al consumidor

Por su parte el índice de precios al consumidor del precio del Gas de 84 octanos, en año base del 2020 tiene un comportamiento ascendente con un posible quiebre en enero de 2015, y al parecer no tiene un aparente comportamiento estacional

2007-2011	2012-2015	2015-2019	variable
0.97	2.7	2.3	Crecimiento % del IPC

La tabla muestra un crecimiento promedio, del 1.4 % en todo el espacio temporal, en el periodo 2007-2011 fue de 0.9 %, mientras que para el periodo 2012-2015 tiene un crecimiento del 2.7 %, y para las últimas fechas observadas fue de 2.3 %.

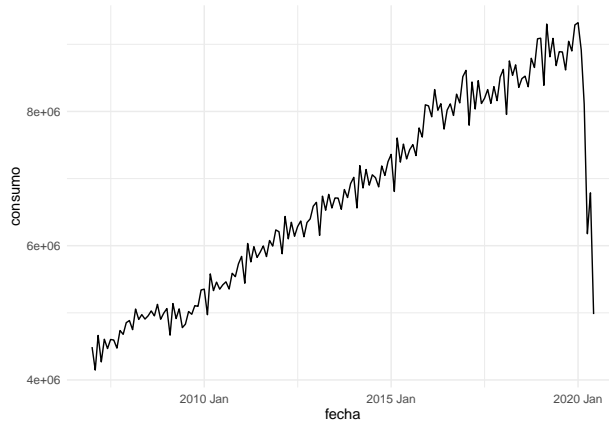


Figura 2: Comportamiento Temporal del consumo electrico

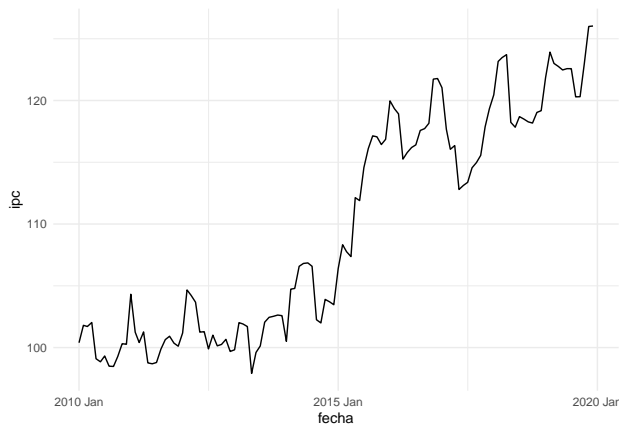


Figura 3: IPC

## Hipotesis

### Hipotesis general

- El efecto del consumo electrico, y el indice de precios al consumidor de la electricidad en el crecimiento economico fue positivo y negativo respectivamente,

### Hipotesis especificas

- El efecto del consumo electrico en el crecimiento economico fue positivo.
- El efecto del indice de precios al consumidor de la electricidad fue negativo.

## Metodologia

### Metodo

La investigacion es de tipo explicativo, ya que se busca saber las causas de los hechos. Su objetivo es focalizarse y justificar por que sucede un hechos, bajo que condiciones se manifiesta, como ha venido evolucionado, y la relacion que podria existir entre ellas. Em metodo universal es el funcionalista, ya que se plantea que cada de las partes cumple un papel en la funcion y forma parte del todo. En tanto al metodo general se



identifica que es deductivo ya que a partir de enunciados principios generales señalados en el marco teórico se deduce una hipótesis que postula una relación de tipo causal. y por ultimo el metodo particular es el empirico-estadistico en particular el uso un modelo VAR para la constrastacion de hipotesis.

## Recoleccion de datos

Datos mensuales desde enero del 2010 hasta diciembre del 2019, el Producto interno Bruto es extraido de la base de datos del Banco de reserva del Peru(BCRP) en miles de millones de soles, el consumo electrico con datos cada 30 min del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional(COES)en MWh, el indice de precios al consumidor obtenidos del Instituto Nacional de Estadistica e Informatica de Peru, con un total de 120 observaciones. Para que los datos coincidan se modifiko la base de datos original para que el Producto Bruto Interno este a precios del 2012, el consumo electrico es la suma del consumo de agregado de todo el mes, y por ultimo el indice de precios al consumidor estan a precios base del anio 2012.

## Definicion de variables

La serie de tiempo empleadas estan conformadas por datos mensuales, iniciando en el anio 2010.1 hasta el anio 2019.12 con un total de 120 observaciones. Todas las variables estan expresadas en logaritmos naturales.

1. Consumo electrico percapita Consumo de Energia Electrica de un determinado territorio en un espacio temporal()
  - Fuente: Coes
  - Ecuacion:  $C_p = \frac{\text{Consumo electrico}}{\text{poblacion}}$
2. Crecimiento Economico Incremento porcentual del Producto Interno Bruto real dividido entre la cantidad de habitantes de una economia en un periodo determinado
  - Fuente: BCRP
  - Ecuacion:  $CE = \Delta \% \text{PIB per capita}$
3. Indice de precios al consumidor Indice que mide el promedio de los precios que pagan los consumidores por una canasta basica de bienes y servicios
  - Fuente: INEI

## Modelo econométrico

A continuacion se detalla el modelo a contrastar con las variables la cual ya se detallo anteriormente

$$\ln(y_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(CEl_t) + \beta_2(P)$$

Donde:

- $\ln$ : es el logaritmo natural
- $y$ : es el PIB percapita
- $CEl$ : es el consumo electrico percapita
- $P$ : es el precio
- $t$ : es el tiempo

## Metodologia econométrica

### Test de raiz unitaria

La prueba de estacionariedad es vital en el análisis econométrico de series de tiempo, para evitar una regresion espuria y un incorrecto analisis econométrico. Para evitar esto se recomienda trabajar con variables estacionarias, las cuales se comprueban con las pruebas de raiz unitaria. La economia tiene varios procedimientos de pruebas de raiz unitaria, *Dickey-Fuller* aumentado, el de *phililips perrono*. Las pruebas de de raiz mencionadas, establecen como hipotesis nula donde la raiz de la unidad donde  $H_0 : \theta = 0$  frente a la hipotesis alternativa de estacionariedad  $H_1 \theta < 0$ . Por lo tanto no rechazar la hipotesis nula de los tests implica la presencia de raices unitarias mientras que el rechazo denota estacionariedad.

## Vectores autoregresivos (VAR)

La metodología econométrica de vectores autorregresivos (VAR) planteada por Sims (1980). Trata a las variables de manera independiente, variables que se explican por si mismas en función de sus rezagos, considerados como modelos econométricos ateóricos que permite ver la causalidad de las variables y el efecto que tiene una variable ante otra variable mediante un shock o innovación de los errores, llamadas función de impulso respuesta, que muestra la temporalidad de duración del choque sobre la variable de estudio.

Su planteamiento formal es relativamente sencillo, en la parte derecha de la función va la variables endógenas rezagadas donde la cantidad de rezagos apropiados determinaran la aleatoriedad de los residuos, y en la parte derecha las variables endógenas.

Cuando un modelo presenta variables independientes y dependientes en la parte derecha, entonces se considera modelos simultáneos sujeto a parámetros muchas veces subjetivos, de ahí nace la necesidad de modelos de ecuaciones simultáneas no condicionadas, conocido como modelos de vectores autorregresivos VAR, en este caso en particular es de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}y_t &= \beta_0^y + \beta_1^y y_{t-1} + \beta_3^{CEl} y_{t-1} + \nu_{y,t} \\P_t &= \beta_0^P + \beta_1^P P_{t-1} + \beta_3^{CEl} P_{t-1} + \nu_{P,t}\end{aligned}$$

$$CEl_t = \beta_0^{CEl} + \beta_1^y CEl_{t-1} + \beta_3^y y_{t-1} + \nu_{CEl,t}$$

donde los terminos de error satisfacen,

$$E(\nu_{CEl,t}) = E(\nu_{y,t}) = E(\nu_{p,t}) = 0$$

$$E(\nu_{CEl,t} \nu_{CEl,s}) = E(\nu_{y,t} \nu_{y,s}) = E(\nu_{p,t} \nu_{p,s}) = 0, t \neq s$$

Las ecuaciones constituyen un modelo de vectores autoregresivos de primer orden VAR(1) dado que se considera solamente un rezago en las variables entre las cuales puede existir una retroalimentacion.

## Características del modelo VAR

No se considera apriori variables endogenas y/o exogenas, no requiere de conocimientos teoricos fuertes sobre las fueras que influyen en las variables para la elaboracion del modelo VAR, si no se excluyen las vairables y ninguna se supone exogena entonces todas las variables de estudio causan a todas, por lo que estan relacionadas temporalmente operando en rezagos en la economia.

## Test de causalidad de Granger

El test causalidad a lo Granger, aprobara la hipotesis de que esta variable es significativa para el modelo y por consecuencia que en una variable casual.

## Funcion de impulso respuesta

Esta función recoge la respuesta de la variable dependiente ante un golpe o shock que es generalmente el valor de una desviación típica de la variable independiente, este efecto formalmente introduce una alteración en la perturbación aleatoria alterando el conjunto del sistema, estos efectos podrían ser estables o explosivos dependiendo de la naturaleza de su interrelacion.

Cuadro 1: Estadísticas descriptivas /n del PIB per-capita y el consumo eléctrico per-capita, series mensuales 2010.1 - 2019.12

variable	n	Minimo	Maximo	Suma	Promedio	SD	Curtosis
Consumo eléctrico per capita	120	9812	10267	1209895	10082	130	-1.18
PIB per capita	120	9291	9597	1137222	9477	82	-0.77

## Resultados

### Descripción de las variables

A continuación se presentan datos descriptivos de las variables las cuales estarán sujetas a la contrastación de hipótesis y son motivo de investigación de este trabajo.

En la anterior tabla se muestran los principales datos estadísticos descriptivos de las variables que se han usado para la contrastación de las hipótesis, el Producto interno per-capita y el Consumo eléctrico per-capita, siendo sus medias de 9476.85 soles y  $101 \times 10^4$  kW respectivamente, con mínimos de 9290.57 soles y de 9812.23 kW, y máximos de 9597.07 soles y 9597.07 kW, lo que indica que tanto el ingreso percapita y el consumo eléctrico percapita se han incrementado en el periodo señalado, la curtosis que muestra el grado de concentración en la zona de distribución muestran que el PIB percapita tiene un valor de -0.77 la cual señala que sigue una distribución platycúrtica, al igual que el consumo percapita -1.18 está un poco más sesgada que la anterior.

### Correlaciones

Las siguientes figuras muestran las correlaciones de las variables, para las series temporales en niveles se tiene una relación positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson del 0.98 significativo al 1 %, por otro lado para evitar una regresión espuria se diferencia (ver b) una vez para ver las relaciones de las variables, se nota que las variables siguen una distribución asimilada a la normal y con una correlación de Pearson de 0.51, este es significativo al 1 %.

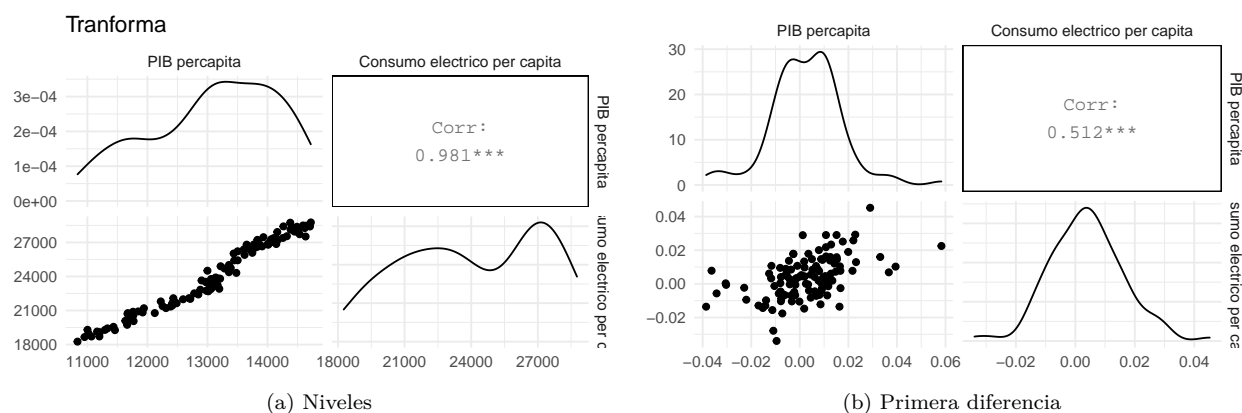


Figura 4: Correlaciones

## Estimaciones

### Raíz unitaria

Como se menciona anteriormente los modelos de series de tiempo deben tener en cuenta que las variables de análisis deben ser estacionarias, para comprobar eso se realizan test de raíz unitaria la cual el rechazo de las hipótesis nulas es la presencia de estacionariedad de las variables. En la tabla @ref(table: raíz) se muestra los

Cuadro 2: Augmented Dickey-Fuller - Prueba de raiz unitaria

variable	t_estadistico	p_valor
PIB percapita - log	-2.3	0.46
Consumo Percapita - log	-1.7	0.71
PIB percapita - log	-7.5	0.01
Consumo Percapita - log	-5.5	0.01

Cuadro 3: Lag selection

Criterio	Orden p
AIC	3
HQ	1
SC	1
FPE	3

resultados de los test de Dickey-Fuller aplicado en niveles y diferencias, mediante estos resultados ninguna de estas variables son estacionarias en niveles ya que los valores de los p-valor son mayores al 5 % aceptando la hipotesis nula de no estacionariedad, mientras que si lo son en la primeras diferencias ya que sus p-valor son menores al 5 % rechazando la hipotesis nula y aceptando la hipotesis nula de estacionariedad.

### VAR( $p$ )

Los criterios para seleccionar el orden  $p$  el programa estadístico, muestra mediante los siguientes criterios, *Akaike information criterion* (AIC) es de orden 3, el criterio de *Hanann-Quinn* (HQ) establece un orden 1, *Schwarz Bayesian criterion* (SC) establece un orden 1, y el *Final predictor error* (FPE) establece un orden  $p$  de 3. Ya que se reparten en 50 % de orden 3 y 50 % de orden 1 se prodecera hacer la estimacion de los modelos VAR(1) y VAR(3).

### VAR

A continuacion se muestran los coeficientes de las estimaciones, los resultados muestran que para un modelo VAR(1) y VAR(3), donde para el modelo VAR(1) el rezago temporal de cada variable es significativa para si mismas, mientras que el reazago temporal del consumo electrico percapita no es significativo para el PIB percapita y a la inversa. En tanto la estimacion del PIB per-capita se tiene un  $R^2 = 134\%$  y para el consumo percapita se tiene un  $R^2 = 192\%$ . El PIB percapita depende de su propio rezago negativamente (-0.33), de igual manera que el consumo electrico tiene signo negativo de su propio rezago (-0.48), las constantes estimadas son significativas para ambos modelos.

En cuanto el modelo VAR(3) el modelo para el PIB percapita tiene un  $R^2 = 215\%$  y para el consumo percapita se tiene un  $R^2 = 258\%$ , en cuanto a la significancia de los parametros se tiene que para el PIB percapita son significativos el primer rezago del consumo electrcico (-0.46) y la constante, los demas parametros no son significativos ni al 10 % aunque si lo son globalmente por el  $F_{statistic}$  (4.8). Para el modelo del consumo electrico la variables significativas son la constante, el primer, segundo y tercer rezago del PIB percapita, los 2 primeros rezagos del PIB percapita significativos al 1 %, siendo sus coeficientes -0.530 y -0.417 respectivamente, mientras que el tercer rezago es significativo al 10 % con un coeficienete de -0.2, las demas variables se aceptan por el  $F_{statistic}$  (6.3).

Para ver la estabilidad de los modelos la siguiente figura muestra que existe estabilidad en los modelos, ya que el comportamiento de las variables esta en la banda del 5 %.

### Causalidad

Para poder ver la causalidad entre las variables se aplico el test de causalidad en el sentido de Granger el cual muestra que ambas variables son significativas, ya que sus p-valor son muy pequenos, y sus F-estadístico

Cuadro 4: Estimaciones VAR(1), VAR(3)

	<i>Dependent variable:</i>			
	y			
	PIB (1)	Consumo (2)	PIB (3)	Consumo (4)
pib_d.l1	-0.340*** (0.100)	0.100 (0.081)	0.046 (0.093)	-0.530*** (0.110)
cons_d.l1	-0.047 (0.120)	-0.480*** (0.097)	-0.470*** (0.110)	0.014 (0.130)
pib_d.l2			-0.130 (0.100)	-0.420*** (0.120)
cons_d.l2			0.006 (0.120)	0.077 (0.140)
pib_d.l3			0.009 (0.094)	-0.200* (0.110)
cons_d.l3			-0.042 (0.110)	-0.110 (0.130)
const	0.004*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.006*** (0.001)	0.005*** (0.002)
Observations	118	118	116	116
R <sup>2</sup>	0.130	0.190	0.210	0.260
Adjusted R <sup>2</sup>	0.120	0.180	0.170	0.220
Residual Std. Error	0.014 (df = 115)	0.011 (df = 115)	0.011 (df = 109)	0.013 (df = 109)
F Statistic	8.900*** (df = 2; 115)	14.000*** (df = 2; 115)	5.000*** (df = 6; 109)	6.300*** (df = 6; 109)

Note:

\*p&lt;0.1; \*\*p&lt;0.05; \*\*\*p&lt;0.01

Cuadro 5: Test de Causalidad en el sentido de Granger

Hipotesis	F-test	P-valor
H0 = El Crecimiento economico no causa en el sentido de Granger al consumo electrico	18	0
H0 = El Consumo electrico no causa en el sentido de Granger al Crecimiento economico	26	0

es mayor que el valor critico del 5 %. Por lo anterior se concluye que existe causalidad bidireccional entre el crecimiento economico y el consumo electrico  $Cel \leftrightarrow CE$ , esto apoya a la hipotesis de retroalimentacion.

### Impulso respuesta

Algo importante que se analiza en los modelos VAR es ver como afectan los choques o innovaciones que surgen en las variables y si estos choques se transmiten o no a otras variables. La siguiente figura muestra los analisis de impulso respuesta de las 2 variables. Los resultados revelan que una shock positivo en el crecimiento economico este reaccionara positivamente en los 2 primeros meses para que luego se reajuste hasta que el anio 3 se vuelve negativo hasta el anio 4 donde comienza un comportamiento ascendente y seguira el mismo comportamiento cada 2 meses hasta que este efecto sea al final nulo. Por otra parte un shock en el consumo electrico probocara reducciones en el crecimiento economico hasta que el primer mes empieza a tomar valores negativos, hasta el mes 2 donde este se rajusta, este comportamiento se repite cada 2 meses.

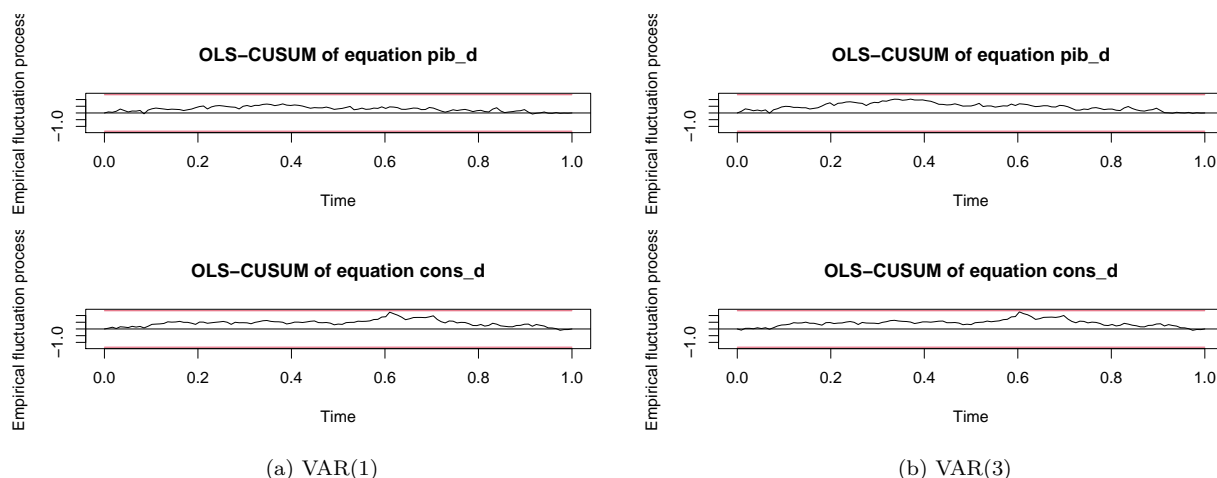


Figura 5: Estabilidad de los modelos

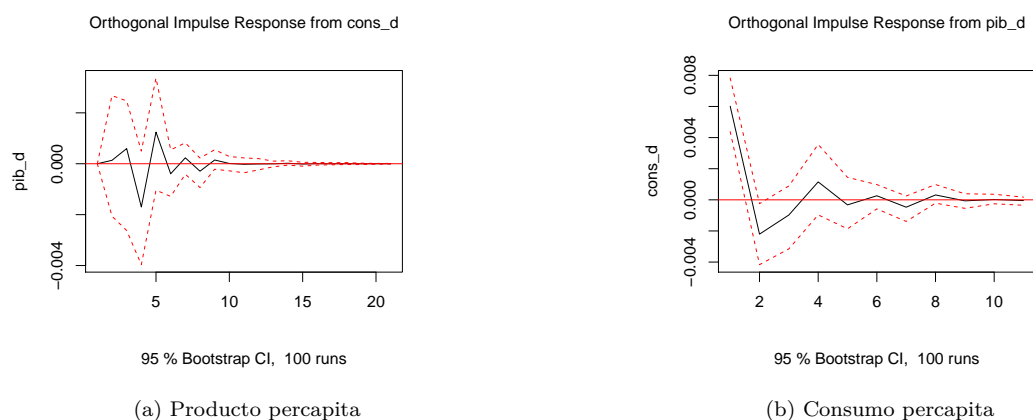


Figura 6: Impulso respuesta

## Referencias bibliograficas

- Abbas, Faisal, y Nirmalya Choudhury. 2013. «Electricity consumption-economic growth Nexus: An aggregated and disaggregated causality analysis in India and Pakistan». *Journal of Policy Modeling* 35 (4): 538-53. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2012.09.001>.
- Abdoli, Ghahreman, Yazdan Gudarzi Farahani, y Seyedmasood Dastan. 2015. «Electricity consumption and economic growth in OPEC countries: a cointegrated panel analysis». *OPEC Energy Review* 39 (1): 1-16. <https://doi.org/10.1111/opec.12038>.
- Ali, Hamisu Sadi, Solomon Prince Nathaniel, Gizem Uzuner, Festus Victor Bekun, y Samuel Asumadu Sarkodie. 2020. «Trivariate modelling of the nexus between electricity consumption, urbanization and economic growth in Nigeria: fresh insights from Maki Cointegration and causality tests». *Heliyon* 6 (2): e03400. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03400>.
- Al-Mulali, Usama, Hassan Gholipour Fereidouni, y Janice Y. M. Lee. 2014. «Electricity consumption from renewable and non-renewable sources and economic growth: Evidence from Latin American countries». <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.006>.

- Alsaedi, Yasir Hamad, y Gurudeo Anand Tularam. 2020. «The relationship between electricity consumption, peak load and GDP in Saudi Arabia: A VAR analysis». *Mathematics and Computers in Simulation* 175 (septiembre): 164-78. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2019.06.012>.
- Amaluddin, Amaluddin. 2020. «The dynamic link of electricity consumption, internet access and economic growth in 33 provinces of Indonesia». *International Journal of Energy Economics and Policy* 10 (4): 309-17. <https://doi.org/10.32479/ijeep.9249>.
- Amoako, F. 2019. «Examining the Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth of Ghana.» <http://ugspace.ug.edu.gh>.
- Atchike, Desire Wade, Zhen Yu Zhao, y Geriletu Bao. 2020. «The relationship between electricity consumption, foreign direct investment and economic growth: Case of Benin». *International Journal of Energy Economics and Policy* 10 (4): 507-15. <https://doi.org/10.32479/ijeep.9415>.
- Bah, Muhammad Maladoh, y Muhammad Azam. 2017. «Investigating the relationship between electricity consumption and economic growth: Evidence from South Africa». Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.251>.
- Bakirtas, Tahsin, y Ahmet Gokce Akpolat. 2018. «The relationship between energy consumption, urbanization, and economic growth in new emerging-market countries». *Energy* 147 (marzo): 110-21. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.011>.
- Balcilar, Mehmet, Festus Victor Bekun, y Gizem Uzuner. 2019. «Revisiting the economic growth and electricity consumption nexus in Pakistan». *Environmental Science and Pollution Research* 26 (12): 12158-70. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04598-0>.
- Baranzini, Andrea, Sylvain Weber, Markus Bareit, y Nicole A. Mathys. 2013. «The causal relationship between energy use and economic growth in Switzerland». *Energy Economics* 36 (marzo): 464-70. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.09.015>.
- Iyke, Bernard Njindan. 2015. «Electricity consumption and economic growth in Nigeria: A revisit of the energy-growth debate». *Energy Economics* 51 (septiembre): 166-76. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.05.024>.
- Keen, Steve. 2019.
- Kummel, Reiner. 2010.
- Lin, Boqiang, y Yao Wang. 2019. «Inconsistency of economic growth and electricity consumption in China: A panel VAR approach». *Journal of Cleaner Production* 229 (agosto): 144-56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.396>.
- Marques, Luís Miguel, José Alberto Fuinhas, y António Cardoso Marques. 2019. «The impacts of china's effect and globalization on the augmented energy-nexus: Evidence in four aggregated regions». En *The Extended Energy-Growth Nexus: Theory and Empirical Applications*, 97-139. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815719-0.00004-8>.
- Marroquín Arreola, Juan, y Humberto Ríos Bolívar. 2017. «Crecimiento económico, precios y consumo de energía en México». [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci%7B/\\_%7Darttext%7B/&%7Dpid=S2448-84022017000100059](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci%7B/_%7Darttext%7B/&%7Dpid=S2448-84022017000100059).
- Mutascu, Mihai. 2016. «A bootstrap panel Granger causality analysis of energy consumption and economic growth in the G7 countries». Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.055>.
- Osigwe, Augustine C, y Damilola Felix Arawomo. 2015. «Energy consumption, energy proces and economic growth: Causal Rellationships based on error correction model». *International Journal of Energy Economics and Policy* / 5 (2): 408-14. <http://www.econjournals.com>.
- Osinerghmin. 2017.
- Osman, Mohamed, Geoffrey Gachino, y Ariful Hoque. 2016. «Electricity consumption and economic growth in the GCC countries: Panel data analysis». *Energy Policy* 98 (noviembre): 318-27. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.011>.

6/j.enpol.2016.07.050.

- Ozturk, Ilhan, y Ali Acaravci. 2011. «Electricity consumption and real GDP causality nexus: Evidence from ARDL bounds testing approach for 11 MENA countries». *Applied Energy* 88 (8): 2885-92. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.01.065>.
- Paola, Andrea, y Galindo Vargas. 2014. «La relación entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico empleando un modelo trivariado para Chile».
- Payne, James E. 2010. «A survey of the electricity consumption-growth literature». Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.06.034>.
- Press, The National Academies. 2017.
- Rajkumari, Laxmi. 2020. «Relation between electricity consumption and economic growth in Karnataka, India: An aggregate and sector-wise analysis». *Electricity Journal* 33 (5): 106768. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2020.106768>.
- Sharma, Gagan Deep, Mohammad Mafizur Rahman, Mansi Jain, y Ritika Chopra. 2020. «Nexus between energy consumption, information and communications technology, and economic growth: An enquiry into emerging Asian countries». *Journal of Public Affairs*. <https://doi.org/10.1002/pa.2172>.
- Streimikiene, Dalia, y Rafał Kasperowicz. 2016. «Review of economic growth and energy consumption: A panel cointegration analysis for EU countries». Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.041>.
- Sultan, Zafar Ahmad, y Tarek Tawfik Yousef Alkhateeb. 2019. «Energy consumption and economic growth: The evidence from India». *International Journal of Energy Economics and Policy* 9 (5): 142-47. <https://doi.org/10.32479/ijee.8030>.
- Syzdykova, Aziza, Gulmira Azretbergenova, Khairulla Massadikov, Aigul Kalymbetova, y Darkhan Sultanov. 2020. «Analysis of the relationship between energy consumption and economic growth in the commonwealth of independent states». *International Journal of Energy Economics and Policy* 10 (4): 318-24. <https://doi.org/10.32479/ijee.9264>.