

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS**  
**CARRERA DE ECONOMÍA**



*Mención: Análisis Económico*

**“ANÁLISIS DE CAUSALIDAD ENTRE EL PIB Y EL CONSUMO  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE SERIES DE TIEMPO  
(1990-2018)”**

**POSTULANTE** : DIEGO ALFREDO APAZA TOLA  
**DOCENTE TUTOR** : Lic. JAVIER FERNANDEZ VARGAS  
**DOCENTE RELATOR**: Lic. JOSÉ MARÍA PANTOJA VACAFLOR

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2019**

### *Dedicatoria*

*Con todo el amor de mi corazón a mi querida madre Magda Tola la cual es el ángel guardián que guía mi vida, a mi querido padre Pastor Apaza por enseñarme a ser una persona de bien, a mis queridos hermanos Carlos y Jhaquelin que son lo más preciado que tengo, todos ellos han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, gracias por brindarme la confianza, consejos, oportunidad y recursos para lograrlo.*

### *Agradecimientos*

*A Dios por darme sus bendiciones durante mi vida, por haberme dado la gran familia que tengo y ponerme en el camino a personas las cuales son muy importantes para mí.*

*Al Licenciado Javier Fernández Vargas por el apoyo desinteresado y la predisposición en la realización del presente documento.*

*Al Licenciado José María Pantoja Vacaffor por brindar un tiempo de su ajetreada labor en la revisión del presente documento.*

*A todos los Docentes de la Carrera de Economía de la U.M.S.A. por la enseñanza brindada al compartir sus conocimientos y experiencias profesionales.*

*A todos mis amigos y compañeros que desde el Colegio, la Universidad y en el trabajo me brindaron su amistad y apoyo incondicional en todo momento.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	v
Resumen.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii

## CAPITULO I

<b>MARCO METODOLOGICO Y REFERENCIAL.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Identificación del Problema .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Justificación de la Investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4.1. Objetivo General .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Planteamiento de la Hipótesis .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5.1. Operacionalización de las Variables .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6. Alcances de la Investigación .....</b>	<b>7</b>
<b>1.6.1. Alcance Espacial .....</b>	<b>7</b>
<b>1.6.2. Alcance Temporal .....</b>	<b>7</b>
<b>1.7. Metodología de la Investigación.....</b>	<b>7</b>
<b>1.7.1. Método de Investigación .....</b>	<b>7</b>
<b>1.7.2. Tipo de Investigación .....</b>	<b>8</b>
<b>1.7.3. Fuentes de Información.....</b>	<b>8</b>
<b>1.7.4. Procesamiento de Datos .....</b>	<b>9</b>

## CAPITULO II

<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Evolución de la Función de Producción.....</b>	<b>13</b>
2.1.1. Teorías del Crecimiento Económico.....	13
2.1.2. Modelo Ricardiano: Crecimiento Económico Con Rendimientos a Escala Decrecientes .....	18
<b>2.2. Modelos de Crecimiento Exógeno .....</b>	<b>20</b>

2.2.1. Modelo de Harrod-Domar .....	21
2.2.2. Modelo de Crecimiento Económico de Solow .....	23
2.3. Teoría del Crecimiento Endógeno .....	25
2.4. Estudio de la Literatura de la Economía de la Energía (Energy Economics) .....	28
<b>CAPITULO III</b>	
<b>MARCO SITUACIONAL</b> .....	37
3.1. Crecimiento Económico .....	38
3.2. El Empleo en Bolivia .....	43
3.2.1. Población en Edad de Trabajar y Económicamente Activa .....	45
3.2.2. Concentración de la Población Económicamente Activa Ocupada por Tipo y Sector Económico .....	45
3.3. Formación Bruta de Capital .....	47
3.4. Crecimiento Económico de Brasil .....	48
3.5. Desempeño del Sector Eléctrico en Bolivia .....	49
3.5.1. Potencia Instalada .....	51
3.5.2. Generación de Electricidad .....	53
3.5.3. Demanda de Energía Eléctrica .....	55
3.5.4. Medición del uso de la Eficiencia de la Energía Eléctrica .....	62
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>MARCO PRACTICO DEMOSTRATIVO</b> .....	64
4.1. Modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) .....	65
4.1.1. Estacionariedad .....	66
4.1.2. Raíz unitaria .....	67
4.1.3. Regresión espuria .....	68
4.1.5. Prueba de cointegración de Johansen .....	69
4.1.6. Causalidad .....	71
4.2. Etapa I .....	72
4.3. Etapa II .....	77
4.3.1. Estimación a partir de un VAR en diferencias .....	78
4.3.2. Interpretación de los resultados .....	82
4.3.5. Heterocedasticidad .....	85

4.3.6. Estabilidad .....	85
4.4. Etapa IV.....	87
4.4.2. Funciones de Impulso respuesta.....	89
<b>CAPITULO V</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
5.1. Conclusiones .....	92
5.2. Recomendaciones.....	94
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Operacionalización de las variables.....	7
Cuadro 2: Población, Superficie y Densidad de Población, según Censos Nacionales .....	43
Cuadro 3: Evolución de la población en Bolivia por Censos.....	43
Cuadro 4: Estructura de la Población por grupo de edad, PET, PEA y PO, según Censos Nacionales .....	45
Cuadro 5: Población Económicamente Activa Ocupada por situación en el empleo, según Censos Nacionales .....	46
Cuadro 6: Población Económicamente Activa Ocupada por sector económico, según Censos Nacionales .....	46
Cuadro 7: Funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional .....	51
Cuadro 8: Hogares con electricidad y cobertura (quinquenios 2005-2025) .....	59
Cuadro 9: Proceso Metodológico.....	72
Cuadro 10: Descripción de las variables (periodo 1990-2018) .....	73
Cuadro 11: Datos Estadísticos (Series) .....	74
Cuadro 12: Prueba de Raíz Unitaria ADF y PP .....	77
Cuadro 13: Prueba de Cointegración de Johansen CE y PIB .....	78
Cuadro 14: Resultados de la Estimación del VAR (4) .....	80
Cuadro 15: Prueba de Autocorrelación LM.....	82
Cuadro 16: Prueba de Normalidad Jarque Bera.....	84
Cuadro 17: Prueba de Heteroscedasticidad.....	85
Cuadro 18: Valores de las raíces del polinomio característico .....	86
Cuadro 19: Prueba de Causalidad .....	87
Cuadro 20: Resultados de estudios sobre la relación de causalidad entre el PIB y el Consumo Eléctrico.....	99
Cuadro 21: Potencia Instalada y efectiva al 31 de diciembre de 2017 .....	102
Cuadro 22: Proyectos de generación hidroeléctrica .....	103
Cuadro 23: Proyectos de generación hidroeléctrica de gran envergadura .....	104
Cuadro 24: Proyectos de Generación con Energías Alternativas.....	104
Cuadro 25: Proyectos de generación termoeléctrica .....	104
Cuadro 26: Plantas hidroeléctricas binacionales .....	104
Cuadro 27: Intercambios de energía entre países de la región 2010 – (GWh).....	105
Cuadro 28: Resultados de una regresión con variables exógenas (E K PBRA) y 7 rezagos .....	106
Cuadro 29: Resumen de las regresiones y pruebas de diagnóstico para 4 rezagos .....	107
Cuadro 30 Cobertura de las ciudades por empresa.....	107

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Modelo de Solow: Curva de producto total y estado estacionario. ....	24
Gráfico 2: PIB a precios corrientes (1990-2017) Miles de millones de dólares .....	39
Gráfico 3: Tasa de crecimiento del PIB a precios de mercado (en porcentaje) .....	40
Gráfico 4: Tasa de crecimiento del PIB a precios constantes (2010) (en porcentaje) .....	42
Gráfico 5: Formación Bruta de Capital Fijo Miles Millones de \$us. ....	47
Gráfico 6: Producto Interno Bruto de Brasil (1990- 2017) .....	49
Gráfico 7: Evolución de la potencia instalada (1997-2017) .....	52
Gráfico 8: Porcentaje de la potencia instalada por tipo de planta (2017) .....	52
Gráfico 9: Evolución Anual de la Generación Bruta de electricidad (GWh) S.I.N. y S.A. (1992-2017) .....	54
Gráfico 10: Generación Bruta de electricidad por combustible 2017 (%) S.I.N. y S.A. ....	55
Gráfico 11: Consumo de electricidad por consumidor final 2017 .....	56
Gráfico 12: Venta de electricidad por consumidor final (GWh) S.I.N. y S.A. (1992-2017) .....	56
Gráfico 13: Acceso a la electricidad (% de población) .....	58
Gráfico 14: Consumo de electricidad por departamento (2017).....	60
Gráfico 15: Participación departamental del consumo de electricidad por sectores.....	61
Gráfico 16: Tarifa promedio a consumidor final por categoría [cUS\$/kWh (sin IVA)] .....	61
Gráfico 17: Evolución de la oferta y demanda 2011-2016.....	62
Gráfico 18: Crecimiento del PIB real, Consumo de energía eléctrica y eficiencia, 1991-2018 (En Porcentajes) .....	63
Gráfico 19: Series en logaritmos .....	75
Gráfico 20: Series en primera diferencia.....	76
Gráfico 21: Correlograma de los residuos.....	83
Gráfico 22: Prueba de Estabilidad .....	86
Gráfico 23: Funciones de Impulso-Respuesta .....	89
Gráfico 24: Sistema Interconectado Nacional, principales líneas de transmisión .....	101
Gráfico 25 Participación de la transmisión .....	103

## Resumen

La energía y el crecimiento económico guardan una estrecha relación entre sí, de tal modo que resulta imposible la actividad económica sin una adecuada política de abastecimiento y distribución de la energía en sus diferentes formas, siendo uno de los más importantes la energía eléctrica, que se destina tanto al consumo domiciliario, como a las actividades industriales y de servicios. Dado el escenario de inversiones para la expansión de infraestructura energética, resulta útil conocer los efectos de las políticas sobre las variables energéticas y viceversa, para un mejor conocimiento de las mismas. Es por esto que la presente investigación tiene por objeto comprender la relación que hay entre el sector eléctrico concretamente el consumo eléctrico, y la producción nacional y determinar la dirección de causalidad en el sentido de Granger entre estas dos variables.

Se utiliza una metodología de econometría de series de tiempo con modelos de vectores autorregresivos. Con datos de 1990 a 2018, los resultados muestran que no hay cointegración entre el consumo de electricidad y el PIB. Los resultados obtenidos sugieren aceptar la hipótesis de que la dirección de causalidad va del crecimiento económico al consumo de la energía. De ello, significa que unas eventuales políticas conservacionistas (reducir) de consumo de energía eléctrica puede no tener efectos significativos en el crecimiento del PIB, y por ende ser factibles en su implementación, además de afirmar que el consumo de electricidad no es relevante en el cálculo del PIB puesto que sus cambios son posteriores al crecimiento económico, de igual manera se hace énfasis en las políticas de inclusión de la población al acceso a la electricidad.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los sectores más importantes para la actividad económica en el mundo es la Industria de la Energía, que a su vez posibilita el funcionamiento de todos los sectores y agentes en la economía; por esta razón es muy importante que la utilización de un tipo de energía como la electricidad este orientado principalmente a los sectores económicos que más ingresos y empleos generen como ser el sector industrial y extractivo (minería), no obstante en el país la mayor proporción del consumo eléctrico se destina al consumo doméstico y el resto en sectores de servicio (comercio) e industria.

En los últimos años se han presentado numerosas investigaciones utilizando diferentes metodologías y obteniendo diversos resultados sobre la relación existente entre el consumo de las diferentes formas de energía y el crecimiento económico, instaurando un debate sobre la direccionalidad de esta relación.

La energía aunque parece a simple vista un concepto eminentemente físico, definida como la capacidad de hacer un trabajo, representa efectivamente el proceso de creación de riqueza material y tiene una estrecha relación con el progreso social (Zamarripa 2016). La historia muestra que la evolución de la humanidad y la economía han estado determinadas particularmente por la disponibilidad de los recursos naturales y energéticos.

El análisis de causalidad es muy importante dadas las implicaciones que podría tener en la orientación de las políticas energéticas de un país. De ahí que, determinar la relación de causalidad, permite establecer el posible impacto que pueden tener las políticas de expansión de la oferta y la demanda de la electricidad sobre el crecimiento económico.

Por lo tanto en el presente documento busca demostrar la dirección de causalidad que va desde el crecimiento económico hacia el consumo de energía eléctrica, dada la teoría económica existente y aceptar o refutar la misma para el caso de la economía boliviana.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera; se divide en cuatro capítulos, el primer capítulo corresponde al marco Metodológico y Referencial, donde se establecen los objetivos, el problema, la hipótesis entre otros. El Capítulo II corresponde al Marco Teórico donde se desarrollan los conceptos de las variables más importantes y los enfoques teóricos. El Capítulo III corresponde al Marco Situacional donde se analiza el comportamiento de las variables estudiadas, el capítulo IV el Marco Práctico donde se formula y estima el modelo econométrico y por último el Capítulo V donde se presentan las conclusiones y recomendaciones.

**CAPITULO I**

**MARCO**

**METODOLOGICO Y**

**REFERENCIAL**

## 1.1. Planteamiento del Problema

Uno de los temas más estudiados en la ciencia y literatura económica es el crecimiento económico, esto debido a que un gran número de variables económicas, sociales, políticas, religiosas y ambientales determinan el comportamiento del sector real de la economía. Por otra parte, el análisis parte de una generalización de determinantes y clasificación de variables endógenas y exógenas, empresariales y estructurales y sistémicas que presentan diferencias económicas entre países.

Los trabajos que analizan el origen del crecimiento generalmente identifican variables que, sin importar la ubicación geográfica o el nivel de desarrollo, coinciden entre los países. Tal es el caso de la variable energía que ha llamado la atención de distintos autores en los últimos años. No obstante, aún no hay un consenso en la relación que existe entre energía y crecimiento económico.

En este sentido, se pueden identificar dos posturas opuestas: la primera, que existe alguna relación entre el consumo (y/o intensidad) de la energía y el nivel de producción; y la segunda, que el cambio en el consumo energético no tiene un efecto en el crecimiento y su comportamiento es independiente en el tiempo.

En (Chontawat 2006) explican cómo la causalidad entre estas variables cambia en función al nivel de desarrollo de cada país. Dada la clasificación provista por el índice de Desarrollo Humano (IDH) y la distribución de países por condición de afiliación a la Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica (OECD), se han realizado distintas estimaciones sobre la relación entre la principal actividad económica del país y su dependencia en los insumos energéticos. Se busca confirmar si el consumo de energía funge como uno de los factores principales en el crecimiento de las economías y como esto puede ser tomado en cuenta para futuros modelos de crecimiento económico.

El crecimiento del Producto Interno Bruto que el país ha atravesado trae consigo mayor demanda de energía y también un mayor consumo energético ya que la

energía en sus diferentes formas es imprescindible para el funcionamiento de los sectores productivos y generar crecimiento en la economía nacional.

No obstante, en algunos casos se ha comprobado un tipo de relación inversa, donde los insumos del consumo energético son los que impulsa el crecimiento del PIB. En ese sentido, no hay un consenso sobre el verdadero vínculo que existe entre el consumo de energía y el crecimiento económico.

Bolivia ha enfrentado problemas con el abastecimiento de energía eléctrica en su historia, no obstante en el presente aguarda sobrepasar la oferta y exportar el excedente a los países de la región, aprovechando su potencial geográfico y climatológico para producir energía eléctrica por proveniente de distinta fuentes.

En el caso de que la relación vaya del consumo de energía hacia el crecimiento económico, el consumo de energía eléctrica doméstica, industrial y de otros usos, como medidas de bienestar material, física y psicológica, provoca que el ingreso per cápita respondería a un menor o mayor consumo de la misma y que su efecto final se refleje en el crecimiento económico.

En suma, las investigaciones realizadas para la economía mundial de manera particular, existen evidencias de causalidad entre el consumo de energía y el crecimiento económico y otras variables. Que para el caso de la economía boliviana conlleva la dependencia hacia este factor para sostener el crecimiento económico, debido a la presencia de sectores con intensidad de uso de energía (cual fuera su origen). Es por estas razones que el presente trabajo tiene como fin identificar la relación unívoca que existe entre el consumo eléctrico y el crecimiento económico. En ese sentido, la investigación se enfoca en identificar la relación causal para los enfoques de oferta y demanda, entre crecimiento económico (PIB) y consumo eléctrico. (CE).

La ventaja de identificar la presencia y dirección de una relación de causalidad entre el consumo de energía y el crecimiento económico es que se pueden diseñar políticas que modifiquen la estructura del sector energético para lograr objetivos de crecimiento, o de igual forma saber si políticas conservadoras de

energía repercuten de manera negativa en el producto. Sin embargo, un inconveniente es que los resultados difieren entre cada país y no es posible asumir un comportamiento uniforme de respuesta ante el cambio de una variable sobre la otra.

## **1.2. Identificación del Problema**

El estudio de los factores energéticos en Bolivia se ha concentrado en analizar su estructura de oferta y demanda, la matriz operativa, y la estabilidad de los precios de los hidrocarburos con respecto a las condiciones externas. A partir de esta investigación se busca un mejor entendimiento de factores que determinan el crecimiento de la economía y el consumo de electricidad, por lo que en el presente estudio se determinará si:

¿Existe una relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico? ¿El mayor consumo de electricidad ocasiona un mayor crecimiento económico o viceversa?; ¿Cuál es la incidencia de las variables exógenas (K, L, PBR) sobre las variables endógenas?

## **1.3. Justificación de la Investigación**

Siendo Bolivia un país con grandes reservas gasíferas por el contexto histórico-económico, para Bolivia, es de sumo interés analizar la relación que se establece entre el consumo de energía eléctrica y su producción económica total, tomando en cuenta el contexto nacional donde Bolivia pretende explotar las cualidades geográficas diversas que posee, lo que posibilitan que en la actualidad encare proyectos que incrementen la capacidad del país convirtiéndose en una fuente de ingresos para el país.

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), el consumo mundial de energía eléctrica creció en promedio un 3,3% cada año durante el periodo de 1999-2009, alcanzando los 16.764,4 Terawatts-hora (TWh). Esta tendencia fue impulsada principalmente por los países de Asia y Medio Oriente, cuyo crecimiento económico en los últimos años propició la urbanización de sus poblaciones

llevando a un cambio estructural en su consumo de energía. Los diez principales países con mayor consumo de energía eléctrica en el mundo son: China, Estados Unidos, Japón, India, Rusia, Alemania, Canadá, Francia, Brasil, Corea del Sur y México.

Al identificar la dirección de la relación de las variables estudiadas es más fácil promover estudios y políticas para que permitan cubrir la demanda energética, además de la identificación de variables que permitan el posterior diseño de políticas que promueva el crecimiento de la economía en su conjunto

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la dirección de la relación que existe entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico de Bolivia, en el periodo 1990-2018, a través de un análisis de series de tiempo.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Describir la producción nacional de electricidad, sus fuentes y funcionamiento del sistema eléctrico nacional
- b) Determinar si el consumo de energía eléctrica y el producto interno bruto se mueven juntos en el tiempo a través de un análisis de cointegración.
- c) Examinar la función impulso respuesta (FIR) de la regresión para analizar el efecto de shocks en las variables estudiadas

#### **1.5. Planteamiento de la Hipótesis**

El planteamiento de la hipótesis de trabajo se enmarca dentro del problema y objeto de estudio planteado y la propuesta es afirmativa de acuerdo a la hipótesis de crecimiento planteado por (Nieto y Robledo 2012) y Kraft y Kraft (1978), como sigue:

“Existe una relación de causalidad unidireccional que va desde el Producto Interno Bruto hacia el Consumo de Energía Eléctrica”.

### 1.5.1. Operacionalización de las Variables

**Variables independientes:** Formación Bruta de Capital Fijo, Población Ocupada, Producto Interno Bruto de Brasil

**Variables dependientes:** Producto Interno Bruto de Bolivia, Consumo de Energía Eléctrica

#### Definición conceptual

**PIB:** El Producto Interno Bruto es el nivel de actividad de un país que representa el valor de la producción final de bienes y servicios en un período determinado, en este caso anual para Bolivia.

**CEE:** El consumo de energía eléctrica es el uso total de la energía eléctrica del sistema interconectado nacional (SIN), y de los Sistemas Aislados (S.A.) en un año.

**FBK:** Que mide la inversión en capital fijo, es el valor de mercado de los bienes fijos (durables) que adquieren las unidades productivas residentes en el país, cuyo uso se destina al proceso productivo, entre ellos se consideran la maquinaria y equipos de producción, edificios, construcciones, equipos de transporte entre otros.

**E:** Población Ocupada miembros de la población adulta que tienen empleo expresada en número de personas.

**PIBR:** El Producto Interno Bruto es el nivel de actividad de un país que representa el valor de la producción final de bienes y servicios en un período determinado para Brasil.

## Cuadro 1: Operacionalización de las variables

VARIABLES ENDOGENAS	VARIABLES EXOGENAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• PIB</li><li>• CONSUMO DE ELECTRICIDAD</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• FORMACION BRUTA DE CAPITAL FIJO</li><li>• POBLACION OCUPADA</li><li>• PIB BRASIL</li></ul>

*Fuente: Elaboración Propia*

### 1.6. Alcances de la Investigación

#### 1.6.1. Alcance Espacial

El análisis de este trabajo de investigación considera el estudio dentro del enfoque macroeconómico el estudio del crecimiento económico, el consumo de energía eléctrica, la formación bruta de capital fijo y fuerza laboral con sus distintas medidas y utilidad de las mismas para evidenciar empíricamente el crecimiento dinámico de la economía nacional.

#### 1.6.2. Alcance Temporal

La delimitación temporal de la presente investigación corresponde al periodo 1990-2018, de acuerdo a los datos disponibles y la relación existente entre todas las variables estudiadas.

### 1.7. Metodología de la Investigación

#### 1.7.1. Método de Investigación

La presente investigación utiliza el método “Análisis y Síntesis”<sup>1</sup>; el primero hace referencia al proceso de identificación de cada una de las partes que caracteriza una realidad de esta forma se establece las relaciones causa-efecto. El segundo describe, la interrelación de los elementos que identifica el objeto con el problema de la investigación y permite explicar de manera general el comportamiento de las variables de estudio, de esta forma estos métodos permiten complementarse uno con otro. Por otra parte, se utiliza el “Método

---

<sup>1</sup> Sampieri, R, Fernández C. y Baptista, P (2006), Metodología de la Investigación, México, Mc Graw-Hill Interamericana..

Deductivo” (abstracción a partir de la observación), para el modelo econométrico de vectores autorregresivos se utiliza la metodología propuesta por (Zamarripa 2016).

### **1.7.2. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se emplea, es la cuantitativa, que responde al problema económico e hipótesis de trabajo, a partir del análisis de datos históricos.

Por otra parte, el alcance de la investigación es de tipo descriptiva (por que delimita los hechos que conforman el problema de la investigación y permite el bosquejo de las propiedades particulares, las características y rasgos importantes de la categoría económica) y explicativa (a comprobar hipótesis causales - variables dependientes y sus resultados o hechos verificables-variables independientes); la asociación de las variables particulares al problema económico y el comportamiento mismo de la categoría.<sup>2</sup>

El estudio descriptivo identificara las características principales del PIB, la estructura y composición, el relacionamiento y asociación existente entre la formación bruta de capital fijo, empleo , el nivel del PIB de Brasil y consumo de energía eléctrica y describir los comportamientos de cada una de las variables investigadas. De igual manera el estudio explicativo, el cual se orienta a la identificación y análisis de las variables y la comprobación del relacionamiento entre causalidad y resultado existente entre estas variables que contribuyan al conocimiento.

### **1.7.3. Fuentes de Información**

La Investigación cuenta con información de fuente secundaria nacional e internacional provenientes de indagaciones realizadas por instituciones públicas y privadas.

---

<sup>2</sup> Sampieri, R, Fernández C. y Baptista, P (2006), Metodología de la Investigación, México, Mc Graw-Hill Interamericana. Pág. 80-87.

Asimismo, constituye el objetivo de la investigación bibliográfica o revisión de la literatura y proporcionan datos de primera mano, donde se utiliza revistas y memorias de análisis del Banco Central de Bolivia, Anuarios Estadísticos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de la Electricidad, memoria anual del Instituto Nacional de Estadística (INE), el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, Banco Mundial (BM), Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC), Sistema Interconectado de Electricidad (SIN), estas son instituciones reconocidas de credibilidad y asimismo, se utiliza fuente de información terciaria como las Tesis y papers, y por último información del medio informático (Internet).

#### **1.7.4. Procesamiento de Datos**

En el presente estudio se utiliza para el proceso de datos, a partir de instrumentos estadísticos, y analizados descriptivamente y explicativamente. Los instrumentos estadísticos son: Tendencias (evolución y comportamiento), Graficas (figura representativa), Promedios (puntos medios de dispersión y de relación o desviación), Porcentajes (proporción, variación y diferencia entre una o varias cantidades).

Con la Información tabulada y ordenada se procede a la descripción de las variables, que se utilizan en la Investigación y la demostración de los mismos, asimismo, los datos calculados permiten utilizar un modelo Econométrico con el propósito de demostrar la Hipótesis planteada.<sup>3</sup>

En cuanto a la modelación econométrica, su análisis se efectuará de manera ampliada con todos los test necesarios y suficientes, para una correcta interpretación de variables con datos de series de tiempo.

---

<sup>3</sup> Se realiza la correlación de datos por técnicas econométricas para determinar la contribución del consumo de energía eléctrica y de los regresores (capital, trabajo Producto Interno Bruto de Brasil) en el crecimiento económico de Bolivia.

# **CAPITULO II**

## **MARCO TEORICO**

Este capítulo tiene por objetivo presentar cómo han evolucionado las teorías del crecimiento económico para incluir otros factores además del trabajo y del capital, y así entender por qué es importante la utilización de los insumos energéticos en la producción nacional.

La importancia de estudiar el crecimiento económico de los países nació de la curiosidad por entender el funcionamiento del sistema productivo y sus efectos en la sociedad. Generalmente, el Producto Interno Bruto<sup>4</sup> (PIB) ha sido utilizado para medir el grado de este crecimiento económico. Sin embargo, en la historia de las teorías de crecimiento económico se han utilizado distintos acercamientos.

El deseo de los economistas por entender las causas del crecimiento pronto se transformó en la curiosidad por pronosticar su valor. Después de lo que se conoció como el pensamiento neoclásico, se desarrolló un marco que permitió modelar el comportamiento de la producción nacional. A este tipo de modelos se les conoce como modelos de crecimiento exógeno. Uno de los modelos más reconocidos y usados es el de Solow. El problema con estos modelos es que considera que el crecimiento ocurre por factores exógenos, de modo que las políticas económicas poco ayudan cuando se requiere aumentar el producto.

Debido a que la finalidad de los países no sólo era aumentar sus niveles de renta, los modelos de crecimiento exógeno comenzaron a centrarse también en variables cualitativas, como la distribución, la equidad y la justicia. Este tipo de análisis se relaciona con lo que se denomina desarrollo económico que representa el “estudio de cómo las economías se transforman de un punto de estancamiento hacia uno de crecimiento [...], y superan sus problemas de absoluta pobreza”<sup>5</sup>.

Estos nuevos modelos, que surgieron como respuesta a los modelos exógenos, se centraron más en entender las causas del crecimiento

---

<sup>4</sup> Se toma la definición propuesta por Blanchard (2006, p. 25): “El PIB es el valor de los bienes y servicios finales producidos en la economía durante un periodo determinado”.

<sup>5</sup> Todaro y Smith (2012)

económico que en pronosticar su nivel. A estos modelos se les conoce como modelos de crecimiento endógeno.

La ventaja de utilizar estos modelos es que, si bien se basan en teoría económica, se adaptan a las condiciones y características específicas de los países, en lugar de relacionar al crecimiento económico únicamente con el capital y el trabajo. Los primeros trabajos de modelos de crecimiento endógeno fueron desarrollados por Gary Becker, Robert Lucas y Paul Romer, entre otros. Estos modelos sirvieron para demostrar que la función de producción estaba incompleta y que otras variables, como las instituciones y el capital humano, son indispensables para los países si éstos quieren expandir su senda de crecimiento en el largo plazo.

Otros trabajos de modelos de crecimiento endógeno se han centrado únicamente en estudiar la relación que existe entre la energía y el crecimiento económico, (Siddiqui 2004) realizó un análisis de series de tiempo en Pakistán para probar que, no solo el consumo de energía se relaciona con el crecimiento del país, sino que un mayor crecimiento también provoca un aumento en el consumo de energía, (Muhammad Arshad Khan 2004) también utilizaron econometría de series de tiempo con un modelo de rezagos distribuidos para probar que el consumo de energía tiene un efecto en el crecimiento del PIB en cuatro economías de Asia. La misma conclusión fue obtenida por (Sarwat Razzaqi 2010) en ocho países musulmanes conocidos como D8 (Bangladesh, Egipto, Indonesia, Irán, Malasia, Nigeria, Pakistán y Turquía); por mencionar algunos trabajos.

La evidencia de los trabajos que han estudiado el efecto de incluir al consumo de energía en la función de producción sugiere que existen cuatro posibilidades: que el consumo de energía afecte el crecimiento económico, que la causalidad sea del crecimiento económico hacia el consumo de energía, que ambas variables se retroalimenten, o que no exista ninguna relación entre ellas.

## **2.1. Evolución de la Función de Producción**

### **2.1.1. Teorías del Crecimiento Económico**

En el curso de la historia, uno de los fenómenos que ha llamado el interés de los economistas ha sido el tratar de explicar el origen del crecimiento económico; en el siguiente capítulo se repasa el desarrollo de la teoría del crecimiento hasta la inclusión de variables relacionadas con la energía. Aunque hoy en día el crecimiento económico de un país es comúnmente medido por su nivel de producción anual, se han utilizado otros métodos y variables con el fin de poder estudiar el grado de evolución en las naciones, por ejemplo utilizando el trabajo anual de un determinado país.

En su investigación, Smith identificó que el trabajo anual de un país tenía una relación directa con su nivel de riqueza, definiendo trabajo anual como un fondo que provee lo necesario para la nación y que se consume anualmente por la misma. Este trabajo anual será producto de dos eventos diferentes, uno medido por la aptitud, destreza y sensatez de los trabajadores, y el otro que se relaciona con el número de ellos en una labor útil. Siguiendo la lógica anterior, las naciones podrán expandir su senda de crecimiento primordialmente aumentando su nivel de trabajo anual. Esto puede suceder por dos vías, aumentando las horas-hombre de trabajo, o aumentando el trabajo anual sin aumentar las horas hombre de trabajo.

La primera opción, aunque posible, no era muy conveniente, a los trabajadores se les podía extender su jornada laboral hasta cierto punto, lo que eventualmente limitaría la capacidad de crecimiento de un país. La segunda opción, y una de las principales contribuciones de Smith se refiere al hecho de aumentar la productividad del trabajo de tal modo que, con el mismo número de trabajadores y con las mismas horas-hombre trabajadas, se pueda producir una mayor cantidad.

La manera en que esta opción era factible era pensando en dividir el trabajo, es decir, los trabajadores producirían más si dominaban una sola tarea y se especializaban en una actividad. En palabras de Smith “El progreso más importante en las facultades productivas del trabajo, y gran parte de la aptitud,

destreza y sensatez con que éste se aplica o dirige, por doquier, parecen ser consecuencia de la división del trabajo”. La idea de la división del trabajo fue rápidamente adoptada después de la publicación de Smith permitiendo que su evolución fuera ágil y dinámica en el periodo de la Revolución Industrial permitiendo que los países experimentaran grandes aumentos en su nivel de riqueza en ese periodo.

Sin embargo, existen otras teorías de crecimiento económico que han ayudado a entender mejor el funcionamiento de las economías y la evolución de su producto. Aun así, se reconoce que la Riqueza de las Naciones de Smith no solo ayudó a construir por primera vez un marco teórico referente a la teorías del crecimiento y desarrollo económico, también argumentó las razones por las que el sistema capitalista era superior en su estructura de mercado, en comparación con los antiguos sistemas mercantiles y feudales (Cypher y James 2014).

Por otra parte, Ricardo consideró que podía existir un aumento en la productividad del trabajo de la agricultura, permitiendo un crecimiento económico en los países. Este aumento en la productividad lo describió como una ventaja que sucedía como respuesta a la especialización. Si bien Smith hablaba de la especialización del trabajo individual, Ricardo se refería a la especialización de mercancías entre países. Si en un país los costos de producir productos eran distintos que en otro, ambos podían especializarse en la mercancía que les presentaba una ventaja y beneficiarse del comercio mutuo. A esta idea se le conoce como como la teoría de la ventaja comparativa de Ricardo.

Aunque el sistema ricardiano ofrece ventajas sobre otras teorías de crecimiento económico, es criticado hoy en día debido a sus supuestos no describen nuestra realidad económica. Primero, Ricardo asumía que los factores de producción (trabajo, capital, recursos naturales y tierra) eran inmóviles, situación que difícilmente continua siendo aceptada; segundo, que todos los países producen todos los bienes; y tercero, que todas las importaciones son balanceadas por un flujo de exportaciones de la misma magnitud. Tomando en consideración este

problema, se duda si existe alguna economía que siga fielmente los supuestos de análisis ricardiano,

Aún con sus críticas, el análisis de Ricardo ha influido a economistas contemporáneos.

Otra de las teorías de crecimiento que introdujo cambios en la función de producción fue la de Carlos Marx. A diferencia de sus predecesores, Marx creía que el capitalismo era solo uno de los posibles sistemas económicos que una sociedad podía adoptar. Así, el capitalismo era visto como la evolución que provino del sistema mercantil y feudal.

El desarrollo capitalista de Marx representó tanto una crítica como una aportación a las teorías del crecimiento que se habían desarrollado en el pensamiento económico. Esta teoría consideró el problema de la distinción de clases en la estructura del proceso productivo como resultado del capitalismo. El problema de la distinción de clases representa la inequidad que resulta del proceso de producción entre los trabajadores y los dueños del capital.

Los argumentos de Marx reconocían al capitalismo como un sistema económico que había tenido éxito en el sentido de que había creado más riqueza que otros sistemas productivos en el transcurso de la historia (Cypher y James 2014). Sin embargo, su preocupación no se refería únicamente al crecimiento económico de las naciones, sino a su desarrollo.

La opulencia que la clase trabajadora creaba no era distribuida equitativamente entre los participantes del proceso productivo. Aunado a esto, concluyó que el sistema capitalista era insostenible por el hecho de que, en el largo plazo, la tasa de ganancia disminuiría progresivamente resultado del progreso tecnológico.

Una de las características más influyentes de los modelos marxistas es que reconocen el efecto del cambio tecnológico en el crecimiento económico. Si bien Marx no hizo énfasis en una variable de progreso tecnológico, sí incluyó un elemento que considerara un nivel de cambio en la tecnología. En la teoría

marxista, se le conoce como fuerzas de producción a la organización tecnológica del proceso de producción y que admite modificaciones al capital empleado.

Por otro lado, el cambio en la tecnología no era el único factor que podía alterar la producción agregada, la manera en que los trabajadores interactuaban en este proceso también era un factor importante en el producto. Esta interacción que surgía entre distintas clases sociales, recibía el nombre de relaciones sociales de producción. La diferencia de clases sociales era definida por el lugar de la producción en la que se encontraban los individuos: capitalista quien facilitaba el capital y los recursos a emplear, obrero quien ofrecía su trabajo por una remuneración a cambio.

De esta manera, la función de producción marxista considera los elementos de los modelos clásicos pero con un particular énfasis en una variable conocida como estructura social. Del mismo modo, contiene los otros cuatro insumos de producción: Tierra, Trabajo, Capital y un progreso técnico.

Posterior a Marx, en respuesta a las críticas realizadas a los modelos clásicos y como un interés de conocer las causas del crecimiento económico en la sociedad capitalista, surgieron los modelos de crecimiento neoclásicos. El análisis neoclásico se caracterizó por tener un enfoque microeconómico, sobre todo en la racionalidad de los individuos y en la maximización de su utilidad.

El pensamiento económico entonces se orientó a un mismo tema estudiado, la teoría cuantitativa, desde cuatro perspectivas distintas: el enfoque de Fisher, el de Marshall, Walras y Wicksell, y el de Robinson y Keynes, el cual concluyó con la presentación de la obra de Pigou en su *Fluctuaciones Industriales*. Con estos trabajos, posteriormente se publicaría la *Teoría General de Keynes*, dando inicio al análisis macroeconómico y a los modelos de crecimiento exógenos. Así como la teoría neoclásica surgió como respuesta al fallo de la teoría clásica por explicar los fenómenos económicos imperantes del momento, la corriente keynesiana también

representó un episodio en la historia económica donde una teoría fue aceptada con rapidez.

Una de las razones por las que el pensamiento keynesiano se popularizó fue por la explicación que ofrecía del desempleo masivo que se vivía en el momento.

En su Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero, Keynes criticó los supuestos de la teoría neoclásica señalando que eran más un escenario atípico que una verdad absoluta: “Sostendré que los postulados de la teoría clásica sólo son aplicables en un caso especial, y no en general, porque las condiciones que supone son un caso extremo de todas las posiciones posibles de equilibrio”. . En consecuencia, su análisis introdujo nuevas preocupaciones en la determinación del aumento de la producción, por ejemplo en el empleo.

De acuerdo a Keynes, la teoría general puede resumirse en ocho puntos.

- I) El volumen de ocupación determina al ingreso (real y nominal).
- II) Existe un factor psicológico en la sociedad que separa el ingreso disponible de los individuos en aquello que ellos consumen, y aquello que ellos ahorran. La proporción que se destina al consumo le llamó propensión marginal a consumir. Dado que el consumo depende del ingreso total y, al mismo tiempo, el ingreso es una función de la ocupación, el consumo entonces se determina por el nivel de ocupación.
- III) El volumen de ocupación que se empleará depende del ingreso que se espera que la sociedad consumirá, y del ingreso que se espera que dedicará en inversiones. La demanda efectiva, que corresponde a la suma del ingreso que la sociedad consumirá y la del ingreso que invertirá, es igual a la oferta agregada, que es una función del nivel de ocupación.
- IV) La demanda efectiva es igual al ingreso que se espera que la sociedad consumirá más el ingreso que se espera que dedicará en inversiones, e igual a la oferta agregada.

- V) En consolidación con los puntos anteriores, en el equilibrio, el volumen de ocupación dependerá de la función de oferta agregada, de la propensión a consumir y del volumen de inversión<sup>6</sup>
- VI) El salario real está determinado por la productividad marginal del trabajo en las industrias de artículos para asalariados. Lo que obliga a descartar la hipótesis de salarios nominales constantes, debido a que los cambios en la demanda efectiva no son compatible con un nivel de salarios fijo.
- VII) De acuerdo a la teoría neoclásica, la demanda efectiva debe ser igual a la oferta agregada para cualquier volumen de ocupación:
- VIII) Un aumento en el volumen de ocupación ocasionara un aumento en el ingreso que se espera la sociedad consumirá, lo que a su vez provocará un aumento en la demanda efectiva, pero en una magnitud menor. De acuerdo al punto (II), cuando el ingreso de los individuos aumenta, debido a su propensión a consumir, éstos no consumirán la totalidad de este incremento y, conforme mayor sea el volumen de ocupación, la brecha entre el precio de la oferta agregada, de la producción efectiva y del ingreso que se espera la sociedad consumirá, será más grande. En otras palabras, el crecimiento económico solo puede ocurrir por dos vías: que la propensión marginal a consumir aumente, o que el ingreso que se dedicará a las inversiones crezca cubriendo la diferencia entre la oferta agregada y el ingreso que se espera para el consumo.

### **2.1.2. Modelo Ricardiano: Crecimiento Económico Con Rendimientos a Escala Decrecientes<sup>7</sup>**

La importancia de estudiar el modelo ricardiano recae en el supuesto de los rendimientos a escala decrecientes. Aunque la mayoría de los trabajos que estudian el crecimiento económico en la actualidad utilizan variables que rompen este supuesto, es importante conocer la génesis de la función de producción antes

---

<sup>6</sup> Keynes describe este punto como el corazón de su teoría general (Smith 2006).

<sup>7</sup> El modelo es un ejemplo clásico del análisis ricardiano basado del libro de (Cypher y James 2014)

de modelar con nuevas alternativas. En un modelo ricardiano, la función de Producción Agregada (Y) depende de cuatro insumos: Tierra (N), Trabajo (L), Capital (K) y Tecnología (T).

$$Y = (N, L, K, T) \quad (2,1)$$

Para que la función de producción agregada siga un comportamiento lógico, se deben realizar las siguientes restricciones:

$$\frac{dY}{di} > 0 \quad (2,2)$$

$$\forall i = N, L, K$$

Es decir, la productividad marginal de la tierra (PMN), la productividad marginal del trabajo (PML) y la productividad marginal del capital (PMK) deben ser positivas, pero deben obedecer a la ley de los retornos a escala decrecientes:

$$\frac{d^2Y}{didi} < 0 \quad (2,3)$$

Lo anterior ejemplifica que cantidades adicionales de cada factor i, manteniendo los otros insumos constantes, aumentan el nivel de producción pero en tasas decrecientes. El cambio tecnológico puede ser considerado exógeno en el corto plazo:

$$\frac{dY}{dT} = 0 \quad (2,4)$$

El crecimiento económico entonces dependerá de las tasas de productividad de los cuatro factores de producción en el tiempo (t):

$$\frac{dY}{dt} = PM_N \frac{dN}{dt} + PM_L \frac{dL}{dt} + PM_K \frac{dK}{dt} + \frac{dY}{dT} \frac{dT}{dt} \quad (2,5)$$

Bajo el supuesto de que las dotaciones de tierra son fijas y no cambian en el tiempo, es razonable asumir que  $\frac{dN}{dt} = 0$ . La cantidad de tierra, o en general, de cualquier recurso natural, es exógena y por ello es el factor que limita el

crecimiento económico de los países. El crecimiento de la fuerza laboral y de la población en el tiempo  $dL/dt$ , es proporcional a la tasa de acumulación del capital  $dK/dt$ . Entre mayor sea la acumulación de capital, mayor será el número requerido de trabajadores para operar esas máquinas. Por lo que  $dL/dt = q, dK/dt$  ( $q > 0$ ), donde  $q$  representa el número de trabajadores necesarios por cada unidad de capital,  $K$ .

En otras palabras, la fuerza laboral crecerá en una proporción  $q$  de la tasa de acumulación del capital. Utilizando (2.5) se puede escribir:

$$Y = (qf_L + f_k)K \quad (2,6)$$

Esta ecuación identifica los elementos básicos de la teoría ricardiana. Por un lado, el crecimiento de la producción es determinado por dos factores: por la acumulación del capital y por la productividad del trabajo. Las dotaciones de tierra y de recursos naturales son elementos importantes en el modelo de crecimiento de Ricardo pues, como se explicó anteriormente, la dotación de recursos es fija.

El límite del crecimiento económico entonces deberá estar ligado a la ley de los retornos a escala decrecientes. Debido a que la PML decrece a medida que aumenta  $L$ , eventualmente se alcanzará el punto de estado estacionario en el ingreso per cápita.

## **2.2. Modelos de Crecimiento Exógeno**

Después de que Keynes postulara su teoría general, la curiosidad por entender el crecimiento económico con nuevas herramientas permitió que los economistas desarrollaran nuevos modelos de crecimiento. Estos primeros modelos ya no centraban su atención en el análisis microeconómico como lo hacía la teoría clásica, el enfoque ahora era macroeconómico y estudiaba el comportamiento agregado de las variables en la economía.

En general, se les conoce como modelos de crecimiento exógeno a los modelos económicos que atribuían como determinantes del crecimiento a la tasa de

ahorro, a la fuerza laboral, al capital, al nivel de depreciación y al progreso tecnológico. Con estas variables, los modelos de crecimiento exógeno fueron capaces de explicar cómo se originaba el crecimiento económico o, al menos, cómo se podía sostener.

Aunque los modelos de crecimiento exógeno son incapaces de explicar los diferentes grados de crecimiento económico que los países han experimentado con el paso del tiempo, sus supuestos y estructura teórica aún sirven de referencia y apoyo en las investigaciones más recientes. La mayoría de los trabajos que estudian el crecimiento económico de algún país, sin importar su enfoque, parten del marco teórico del modelo de Solow, o de alguna variante del modelo de Harrod-Domar. El entendimiento de estos modelos permite trabajar la función de producción y modificarla con el objetivo de entender el crecimiento económico desde nuevas perspectivas.

### **2.2.1. Modelo de Harrod-Domar**

El modelo de Harrod-Domar plantea que las economías deben invertir en capital para expandir su crecimiento, y esto solo ocurrirá por la proporción ahorrada de su renta total. Ahora bien, el modelo tiene el supuesto de que hay una relación directa entre el capital (K) y la renta total (Y), que se le conoce como ratio capital-producto (k).

$$\frac{K}{Y} = c \quad (2,7)$$

También se asume que el nivel de tasa de ahorro (s) es fijo y que la inversión depende del ahorro total en la economía. De esta forma, el ahorro neto (S) es igual a una proporción de la renta total:

$$S = sY \quad (2,8)$$

La inversión neta (I) se define como el cambio en el capital ( $\Delta K$ ):

$$I = \Delta K \quad (2,9)$$

Como el capital y la renta total se relacionan con la misma proporción, es correcto escribir:

$$\frac{\Delta K}{\Delta Y} = k \quad (2,10)$$

De tal manera que el cambio en el capital se define como una proporción constante del cambio en la renta total:

$$\Delta K = k\Delta Y \quad (2,11)$$

Para completar el modelo, el ahorro debe igualar a la inversión neta:

$$S = I \quad (2,12)$$

Que, de acuerdo a (2.9) y a (2.11), la inversión neta será igual a la proporción constante, definida por la relación capital-producto, de la renta total:

$$I = \Delta K = kY \quad (2,13)$$

Para completar el modelo, con (2.12) la inversión neta iguala al ahorro neto, característica de los modelos de crecimiento neoclásicos:

$$S = sY = k\Delta Y = \Delta K = I \quad (2,14)$$

Utilizando las proporciones de ahorro y del ratio capital-producto de (2.14), y reacomodando los términos, se obtiene:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{s}{k} \quad (2,15)$$

De acuerdo a (2.15), la tasa de crecimiento de la renta total (la parte izquierda de la igualdad) será determinada por la tasa de ahorro y por el ratio de capital producto. Entre mayor ahorren los países, permaneciendo constante su ratio de capital producto, mayor será su tasa de crecimiento. En cambio, si su ahorro es constante pero su ratio de capital-producto aumenta, su tasa de crecimiento disminuirá.

La ecuación (2.15) también puede expresarse utilizando el ahorro bruto (sG) en lugar del ahorro neto y añadiendo la tasa de depreciación del capital ( $\delta$ ):

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{s}{k} - \delta \quad (2,16)$$

Además del nivel de ahorro, la fuerza laboral y el progreso tecnológico también pueden influir en la tasa de crecimiento de las economías. La fuerza laboral es considerada abundante y responde instantáneamente a la demanda de trabajadores requeridos por incrementos en el capital, lo que genera un aumento en la renta total. El progreso tecnológico se manifiesta a través del ratio capital-producto: a medida que aumente el nivel de tecnología, con una inversión fija, el ratio disminuirá y el crecimiento de la renta total será mayor.

### **2.2.2. Modelo de Crecimiento Económico de Solow**

El modelo de crecimiento de Solow es un modelo de largo plazo que supone un sólo bien, la producción total, de tal forma que el ingreso estará expresado en los mismos términos. En otras palabras, el valor total de la producción es igual al ingreso total. Este modelo sigue los supuestos de la teoría neoclásica: una parte del ingreso se consume y otra se ahorra; los inventarios de capital representan la acumulación del mismo en función del tiempo; la proporción del ingreso que se ahorra es constante y determina el nivel de inversión. La inversión neta entonces es una proporción del aumento del capital.

A diferencia de los modelos ricardianos, los modelos de crecimiento neoclásicos se caracterizan por omitir insumos de producción que no puedan aumentar su dotación, como la tierra.

Así, la función de producción es homogénea de primer grado<sup>8</sup> y está determinada por dos factores: el capital y el trabajo. De este modo, la proporción del aumento del capital es una función que depende del ahorro y de los factores productivos. Sin embargo, para completar el modelo es necesario determinar la naturaleza de

---

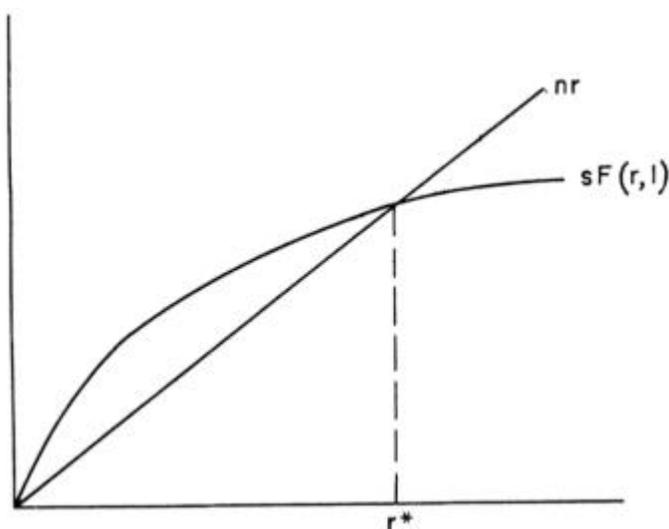
<sup>8</sup> En otras palabras, presenta retornos a escala constantes.

la demanda de trabajo. Con los postulados de la teoría neoclásica se conoce que la tasa de salario real es igual a la productividad marginal del trabajo, de tal forma que, de especificar una ecuación de la oferta de trabajo, se tendría un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas: el capital, el trabajo y el salario real.

La fuerza de trabajo está determinada por un factor exógeno producto del crecimiento de la población ( $n$ ). La acumulación de capital es una función del capital y del trabajo disponible. Ahora bien, el trabajo disponible puede ser representado como la curva de oferta de trabajo, que es una línea vertical que sólo se desplazará por el crecimiento de este trabajo. De esta forma, el salario real se ajusta para que todo el trabajo disponible sea empleado. Dependiendo de la productividad marginal, el salario será mayor o menor.

La curva de producto total por trabajador es resultado de la relación capital-trabajador ( $r$ ) y se caracteriza por surgir del origen y tener un grado de concavidad. Esto implica que se requieren cantidades positivas de ambos insumos para que exista producción, y que la productividad marginal del capital es decreciente.

### **Gráfico 1 Modelo de Solow: Curva de producto total y estado estacionario.**



*Fuente: Solow, R. "A Contribution to the Theory of Economic Growth" (1956)*

En el gráfico 1, solamente en  $r^*$  el sistema se encuentra en equilibrio y la tasa de crecimiento es estable. En cualquier otro punto, el ratio de capital-trabajo se ajustará y convergerá a  $r^*$  hasta un punto de crecimiento balanceado igual a la tasa natural.

### **2.3. Teoría del Crecimiento Endógeno**

La evidente conclusión de los modelos de crecimiento exógeno de que las economías convergerían en un punto de crecimiento nulo, y el diferente grado de crecimiento entre países desarrollados y subdesarrollados, creó un descontento uniforme en la capacidad predictiva de estos modelos.

Incluso los resultados empíricos que utilizaban los supuestos y herramientas de la teoría neoclásica encontraban que las tasas de crecimiento económico no dependían completamente de la relación capital-trabajo.

En la década de 1980, una nueva serie de modelos empezaron a incluir nuevas variables que el pensamiento neoclásico no consideraba. Variables que se concentraban en el bienestar de la sociedad, como la educación, la salud, el medio ambiente, extendieron la visión de la ciencia económica.

La principal característica de este nuevo tipo de modelos es que contradecía el supuesto de retornos a escala decrecientes en la producción, por primera vez se admitió el hecho de que un insumo productivo podía tener un efecto más que proporcional en la renta total de una economía, contrario al modelo de Ricardo. La importancia de este último supuesto permitió explicar la diferencia en las tasas de crecimiento entre países y, más aún, por qué éstas no parecían converger hacia el estado estacionario.

El modelo de Romer es similar al de Solow en algunos puntos. El modelo parte de la idea de que el crecimiento es resultado de las industrias y que su producción exhibe el comportamiento de retornos constantes a escala, pero difiere en el sentido de que reconoce que la acumulación de capital ( $K^*$ ) tiene un efecto en la producción industrial ( $Y_i$ ), de tal modo que pueden existir retornos a escala crecientes.

La acumulación de capital representa el conocimiento de las empresas en el sistema productivo. Similar al modelo de Solow, donde se identifica un factor exógeno (A) que modifica el valor del producto total, el modelo de Romer considera que ese conocimiento del proceso productivo es un bien público que todas las empresas utilizan y desarrollan. De tal manera que la función de producción de cada industria es similar y se expresa de la siguiente manera:

$$Y_i = AK_i^\alpha L_i^{1-\alpha} K^{*\beta} \quad (2,17)$$

Por el supuesto de similitud entre las industrias, (2.17) puede reescribirse en su forma agregada como:

$$Y = AK^{\alpha+\beta} L_i^{1-\alpha} \quad (2,18)$$

En (2.18), se considera que no hay un progreso tecnológico, por lo que A es una constante.

Ahora bien, el modelo debe medir el cambio del producto en tiempo (t) de tal forma que se exprese en términos crecimiento. Para lograrlo, primero se obtiene la diferencia total de (2.18):

$$\frac{dY}{dt} = Y = \frac{dY}{dK} \frac{dK}{dt} + \frac{dY}{dL} \frac{dL}{dt} \quad (2,19)$$

Consecuentemente, en (2.18) se deriva parcialmente el producto con relación a cada insumo productivo:

$$\frac{dY}{dK} = (\alpha + \beta) AK^{\alpha+\beta} L_i^{1-\alpha} \quad (2,20)$$

$$\frac{dY}{dL} = (1-\alpha) AK^{\alpha+\beta} L_i^{-\alpha} \quad (2,21)$$

Al sustituir (2.20) y (2.21) en (2.19), se obtiene:

$$Y = [AK^{\alpha+\beta} L_i^{1-\alpha}] \left[ (\alpha + \beta) \frac{K}{K} + (1 - \alpha) \frac{L}{L} \right] \quad K = \frac{dK}{dt}; \quad L = \frac{dL}{dt} \quad (2,22)$$

Siguiendo (2.17), el primer término entre corchetes de (2.22) corresponde al valor de la producción total. Retomando el modelo de Solow, la proporción de la acumulación del capital con relación al capital, el cambio en el producto total con relación a la producción y la función de trabajo agregada, todos son términos constantes. También se conoce del modelo de Harrod-Domar que la acumulación del capital es igual al nivel de inversión menos la depreciación del capital y que la inversión es igual al ahorro total:

$$K^* = I - \delta K = sY - \delta K$$

Reacomodando términos:

$$\frac{K^*}{K} = \frac{sY}{K} - \delta \quad (2,23)$$

De esta forma, se demuestra que la acumulación de capital como proporción del capital es un valor fijo. Por otra parte, en el modelo de Solow se comprobó que el cambio en la producción en relación al producto total también era un valor constante, por lo que:

$$\frac{K^*}{K} = \frac{sY}{K} - \delta \quad (2,24)$$

Al dividir la ecuación (2.22) entre el producto total, el lado izquierdo de la igualdad representa el valor constante de (2.24), que mide el cambio del producto total en el tiempo considerando su valor inicial, es decir, la tasa de crecimiento de la producción:

$$\frac{Y^*}{Y} = g = \frac{[AK^{\alpha+\beta}L_i^{1-\alpha}] \left[ (\alpha + \beta) \frac{K^*}{K} + (1 - \alpha) \frac{L^*}{L} \right]}{Y}$$

Substituyendo el lado derecho de la igualdad por el valor del producto total, la expresión anterior puede representarse como:

$$g = (\alpha + \beta) \frac{K^*}{K} + (1 - \alpha) \frac{L^*}{L} \quad (2,25)$$

En (2.24) se explicó que la proporción de la acumulación del capital como proporción del capital corresponde a un valor fijo e igual a la tasa de crecimiento. Por otra parte, de acuerdo al modelo de Solow, la oferta de trabajo también es una constante. Se puede definir entonces que:

$$\frac{L^*}{L} = n \quad (2,26)$$

Finalmente, al sustituir (2.24) y (2.26) en (2.25), y simplificando términos, se obtiene:

$$g = \frac{n(1 - \alpha)}{1 - (\alpha + \beta)} \quad (2,27)$$

En el modelo de Solow, el crecimiento del producto total siempre será igual a cero si no consideramos un progreso tecnológico en la función de producción. Esto ocurre porque la función se define como homogénea de primer grado y los retornos a escala son constantes, de modo que  $\beta=0$ . Sin embargo, en el modelo de Romer las externalidades del conocimiento en la función de producción de las industrias permiten que  $\beta>1$ . Con este supuesto, en (2.27) el denominador será menor a uno y el crecimiento será positivo. El modelo ahora es capaz de explicar el crecimiento del producto total utilizando variables dentro de su sistema en lugar de concluir que sólo un progreso tecnológico, que ocurre por razones independientes al modelo, generará crecimiento.

#### **2.4. Estudio de la Literatura de la Economía de la Energía (Energy Economics)**

Con los modelos de crecimiento endógeno, nuevas variables empezaron a considerarse como promotoras del crecimiento económico. Ahora, factores como el capital humano, las instituciones, los recursos naturales y la energía, aparecieron como insumos en nuevas funciones de producción que promovían un crecimiento económico no estacionario. Las distintas dotaciones de recursos y el distinto progreso tecnológico de los países atrajeron la atención de estos modelos hacia el uso e intensidad de la energía en el proceso productivo. Una nueva

corriente de pensamiento económico había surgido que se le conoce como economía de la energía.

Esta línea de pensamiento ha utilizado una metodología empírica con el objetivo de determinar la relación entre la energía y el crecimiento económico, de modo que se han utilizado herramientas estadísticas para probar la veracidad de sus argumentos. En este sentido, economistas especializados en esta materia han estudiado esta relación con diferentes métodos econométricos y con una interpretación distinta del término “energía”.

Aunque se trate de un concepto amplio, en términos generales, en estos modelos energía se refiere a la cantidad de esfuerzo necesario para transformar los insumos en producción. Este esfuerzo puede medirse como el uso, consumo, intensidad, o incluso disponibilidad de algún recurso, por ejemplo la electricidad, el petróleo, combustibles fósiles, entre otros.

Los autores que investigan la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico generalmente han utilizado el modelo de Solow como sustento teórico para modificar su función de producción. Estos modelos suponen que el progreso técnico de Solow es una función de otras variables, entre ellas la energía. Sin embargo, este supuesto no se ha sostenido de manera uniforme al estudiar el caso de distintas economías.

Entre los trabajos más relevantes se encuentra el modelo de Saunders (1992) que ha sido analizado por economistas interesados en la economía de la energía debido a que provee un marco teórico y empírico que mide los efectos de la energía en el corto y largo plazo. Este trabajo analizó con un enfoque macroeconómico el efecto de aumentos de la eficiencia energética sobre el consumo de energía en el largo plazo. La función de producción se describe en términos neoclásicos, con el progreso tecnológico como causa del crecimiento económico. Al mismo tiempo, el progreso tecnológico representa aumentos en eficiencia de tres insumos productivos: el capital, el trabajo y la energía. Matemáticamente, la función de producción se expresa como:

$$Y = \tau_N F(\tau_K K, \tau_L L, \tau_E E) \quad (2,28)$$

Donde  $Y$  es la producción real,  $K$  es el capital,  $L$  es el trabajo,  $E$  es la energía,  $\tau_N$  es el progreso tecnológico neutro,  $\tau_K$  es el progreso tecnológico del aumento del capital,  $\tau_L$  es el progreso tecnológico del aumento del trabajo y  $\tau_E$  es el progreso tecnológico del aumento de la energía. Las tecnologías que mejoren la eficiencia energética serán una combinación de todas estas formas de progreso tecnológico. Los resultados muestran que, contrario a la opinión tradicional, una mayor eficiencia puede aumentar el consumo total de energía por dos razones: primero, porque su precio ahora es relativamente menor y puede substituir al trabajo; y segundo, porque el aumento del crecimiento económico requerirá más consumo de energía.

Otro de las aportaciones que surgieron con el objetivo de argumentar si existe alguna complementariedad entre el capital y la energía fue el de John Solow, que demostró teóricamente que el precio de la energía afecta la composición de la producción total. En este trabajo se argumenta que el capital y la energía son complementos en el corto plazo pero substitutos en el largo plazo. El objetivo del autor fue estudiar la composición de la producción que resulta del incremento en el precio de la energía, de modo que si la producción industrial depende de bienes con diferente intensidad energética, entonces habrá cambios de composición que ocurrirán con la sustitución de factores en la función de producción de cada bien. El autor propone un modelo que, en lugar de pretender ser cuantitativo o descriptivamente correcto, se enfoca en el efecto de shocks en el precio de la energía y sus implicaciones en el debate de la complementariedad del capital y el uso de energía.

El modelo considera dos tipos de bienes: intensivos en energía y no intensivos en energía. Hay tres insumos que determinan el nivel de producción: capital, trabajo y energía. No considera la movilidad del capital y del trabajo, en el sentido que  $K$  y  $L$  son ofertados por la economía doméstica y la demanda de exportaciones es similar a la demanda de consumo doméstica. La producción de cada bien se ilustra con una función de producción tipo Leontieff. Como el precio relativo es lo

importante, se permite que uno de los bienes sirva como numerario. De este modo, las variables exógenas del modelo son la oferta de trabajo y de capital, el consumo doméstico y del mundo de los dos bienes, el nivel de importaciones de energía, y los precios del capital, del trabajo y de cada bien. El precio de la energía es la variable exógena.

En general, las conclusiones de este trabajo sugieren que el equilibrio general responde a shocks en el precio de la energía: un aumento en el precio de la energía eleva los costos de producción, lo que ocasiona una disminución en la producción de uno o ambos bienes; una disminución del precio de la energía ocasiona el efecto contrario. Finalmente, el análisis demuestra que la sustitución de factores debe estudiarse con un enfoque microeconómico debido a que las interpretaciones que se basan en datos agregados capturan el efecto de la sustitución tecnológica.

Por otra parte, el trabajo de (Stern 2010) parte de la idea de que las leyes de la termodinámica deben cumplirse del mismo modo en cualquier sistema económico, es decir, para producir cualquier bien es necesario utilizar en igual o mayor proporción alguna cantidad de materia y que en el proceso productivo se requiere un mínimo de energía. Aquí se muestra la evolución de la función de producción desde tres perspectivas: los modelos de crecimiento sin recursos naturales, los modelos de crecimiento con recursos naturales pero sin cambio tecnológico, y los modelos de crecimiento con recursos naturales y con cambio tecnológico. Aunque el autor analiza por separado las consecuencias teóricas y empíricas de añadir a la energía en la función de producción, la conclusión es la misma “la energía y el producto están estrechamente entrelazados con la disponibilidad energética jugando un papel vital para permitir el crecimiento”.

La eficiencia producto del progreso tecnológico puede disminuir la cantidad absoluta de consumo de energía en una economía, sin embargo, la energía sigue siendo un factor importante para el aumento del producto. (Muhammad Arshad Khan 2004), analizaron la contribución de la energía desde dos enfoques distintos: como consumidores y como productores. Por el lado de la demanda, la energía es

uno de los productos que los consumidores eligen para maximizar su utilidad. Por el lado de la oferta, la energía es uno de los factores de producción, junto al capital, al trabajo y a los recursos naturales.

De acuerdo a estos autores, la causalidad entre estas variables puede ser del consumo de energía hacia el PIB, del PIB hacia el consumo de energía, o puede no existir relación entre ambas variables. Si sucede la primera alternativa, significa que la escasez de energía puede afectar la tasa de crecimiento de las economías; la segunda alternativa se refiere a que se pueden implementar políticas conservativas de energía sin esperar algún cambio negativo en el producto ni en el empleo; y la tercera alternativa indica que las políticas de energía pueden implementarse sin esperar cambios en el sistema económico.

Estos autores utilizaron un modelo multivariado de rezagos distribuidos para estudiar la relación de largo plazo entre el consumo de energía y el crecimiento económico de cuatro economías de Asia del Sur: Bangladesh, India, Pakistán y Sri Lanka. La conclusión a la que llegaron es que existe una brecha entre el consumo de energía y la producción de energía que crece con el tiempo, lo que provocará un desaceleramiento en el crecimiento económico de estas economías. Los resultados también indican que la causalidad, en los cuatro países, corre del consumo de energía al crecimiento del producto.

De acuerdo a Omri que sintetiza a varios autores que analizaron esta relación, como ser Cheng (1999) estudió la relación causal entre ambas variables utilizando un análisis de cointegración y un modelo de corrección de error para el caso de India. El autor utilizó un modelo multivariado para reducir la probabilidad de obtener una causalidad sesgada entre las variables, de tal manera que su función de producción utiliza no solo el consumo de energía y el producto, sino también al capital y el trabajo. El estudio encuentra una cointegración entre las cuatro variables siguiendo un equilibrio de largo plazo en India, y una causalidad que corre del crecimiento económico al consumo de energía. Gardner & Joutz (1996) enfocaron su estudio utilizando un modelo de corrección de error en Estados

Unidos. A diferencia de otros estudios, estos autores incluyeron directamente el efecto de los precios de la energía en el consumo de energía y en el producto.

A diferencia del trabajo de (Kraft 1978) donde no se encontró ninguna relación causal entre el consumo de energía y el crecimiento económico, en esta investigación se concluye que la causalidad entre las variables va del consumo de energía hacia el producto. También se encontró que shocks en los precios tienen un efecto desacelerador en el crecimiento económico, mientras que una disminución del precio de la energía no tiene ningún impacto en la producción agregada. Mallick (2009) utilizaron pruebas de causalidad de Granger para medir el efecto del consumo de energía en el crecimiento económico de India. En esta investigación se sigue la línea del pensamiento neoclásico, en donde un cambio tecnológico es endógeno pero no necesario para explicar al crecimiento del producto. Un nuevo enfoque que este trabajo aporta es que se analiza el impacto que el crecimiento del consumo de energía afecta tanto al crecimiento del consumo privado y a las inversiones privadas. Los resultados prueban que la causalidad entre las variables va del crecimiento económico hacia el consumo de energía.

(Sarwat Razzaqi 2010), mostraron la evidencia entre el consumo de energía y el crecimiento económico de ocho países musulmanes. De acuerdo a este estudio, la compleja relación de las variables requiere un estudio de su comportamiento tanto en el corto como en el largo plazo. El hallazgo de esta investigación revela que el consumo de energía tiene un impacto en el lado de la demanda y de la oferta en estos países. Los países que se estudiaron fueron Bangladesh, Egipto, Indonesia, Irán, Malasia, Nigeria, Pakistán y Turquía. Al utilizar la prueba de causalidad de Granger se encontró que existía una relación entre el consumo de energía y el crecimiento del producto para todos los países (aunque la causalidad no siempre proviene de la energía hacia el crecimiento) con excepción de Indonesia donde no se encontró ninguna relación entre las variables.

Sin embargo, en todos los países el PIB real y el consumo de energía cointegraron. La aportación de este estudio también muestra que los países ricos

en energía solar, eólica, biomasa, entre otras, necesitan ampliar sus proyectos de producción de energía para satisfacer tanto la demanda como la oferta de energía, y así expandir sus sendas de crecimiento, (Sarwat Razzaqi 2010) utilizó el precio de la energía como una opción para identificar la relación entre la energía y el crecimiento. La metodología del autor consistió en utilizar un modelo de Vectores Auto Regresivos, un modelo de corrección de error, y un modelo auto regresivo de rezagos distribuidos para analizar Pakistán en el periodo 1971-2003.

Nuevamente, la conclusión recalca la importancia que tiene el sector energético para el crecimiento económico de Pakistán. Una escasez de energía puede tener un efecto negativo en el crecimiento económico, de tal manera que las políticas energéticas son necesarias para alcanzar los objetivos de crecimiento del país.

Con una metodología distinta a los trabajos anteriores, Tang & La Croix (1993) utilizaron datos de panel para referenciar la actividad económica con el consumo de energía en China. Si bien al utilizar esta metodología no se puede concluir sobre la causalidad de las variables, los autores concluyeron que la estructura productiva de China tiene un impacto en el consumo de energía y que la relación entre ingreso per cápita y consumo de energía per cápita ha sido estable en el tiempo, (Omri 2014) realizó una recopilación de los trabajos mencionados, relacionados a la economía de la energía con el objetivo de comparar los resultados y determinar el patrón de la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Su metodología consistió en definir el tipo de energía que se utilizó en cada análisis para así concluir cuáles fueron los resultados generales entre este nexo (Ver Anexos).

La selección de países contempla los distintos grados de desarrollo entre ellos sin diferenciar el tipo de energía que se trabajó. En la mayoría de los trabajos se encuentra una relación causal entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Una característica de los resultados que indican una relación neutra entre las variables es que, en su mayoría, el sujeto de estudio es un país desarrollado. Por otro lado, en la mayoría de los estudios, la causalidad va del consumo de energía hacia el crecimiento del PIB. En sincronía con estos

resultados, en la economía de la energía comúnmente se manejan cuatro hipótesis sobre las consecuencias que esta relación identifica.

Las hipótesis de causalidad representan una síntesis de los resultados empíricos de la literatura de la economía de la energía (Omri 2014). Estas hipótesis no sólo se refieren al sentido de la causalidad, sino que vinculan el efecto de las políticas económicas como medidas que impactan en el crecimiento económico o en la demanda de energía.

La hipótesis de retroalimentación simboliza una causalidad bidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Esta hipótesis implica que ambas variables se comportan de manera similar en el tiempo y que pueden considerarse complementos la una de la otra.

La hipótesis de crecimiento se refiere al escenario de una causalidad unidireccional entre el consumo de energía hacia el crecimiento económico, siendo el primero la causa del segundo. La consecuencia de este tipo de relación sugiere que la energía es una variable importante para alcanzar el crecimiento económico. El consumo de energía afecta los otros insumos productivos al participar como un complemento de la función de producción, por lo que cualquier shock en la oferta de energía o en el precio tendrá un efecto negativo en el crecimiento del producto.

La hipótesis de conservación se basa en la idea de que existe una causalidad unidireccional del crecimiento económico hacia el consumo de energía. En este caso, el crecimiento económico ocasiona un aumento en el consumo de energía.

Por último, la hipótesis de neutralidad sugiere que no existe una causalidad entre ambas variables. Aunque la energía sea un componente de la función de producción, su aportación al crecimiento económico es no significativa. Tanto las políticas conservativas como expansivas en el consumo de energía tendrán un efecto nulo en materia de crecimiento económico.

Es fundamental reconocer las limitaciones que este tipo de estudios pueden tener en el uso de la política económica. Algunas de las críticas que se realizan señalan la variedad de resultados que se han encontrado en la literatura de la economía de la energía: consumo de energía causando al PIB, PIB causando al consumo de energía, causalidad bidireccional y no causalidad.

Una teoría que explique cómo debería ser la política energética de un grupo de países con características semejantes aún no ha sido desarrollada. Por lo tanto, se recalca la importancia de considerar las limitaciones que pueden tener las interpretaciones y sugerencias que surgen de este tipo de estudios.

# **CAPITULO III**

## **MARCO SITUACIONAL**

En el siguiente capítulo abordaremos la descripción y posterior análisis de las variables económicas que son tomadas en cuenta en el presente trabajo a través de su comportamiento a través de los años, además de sus principales indicadores.

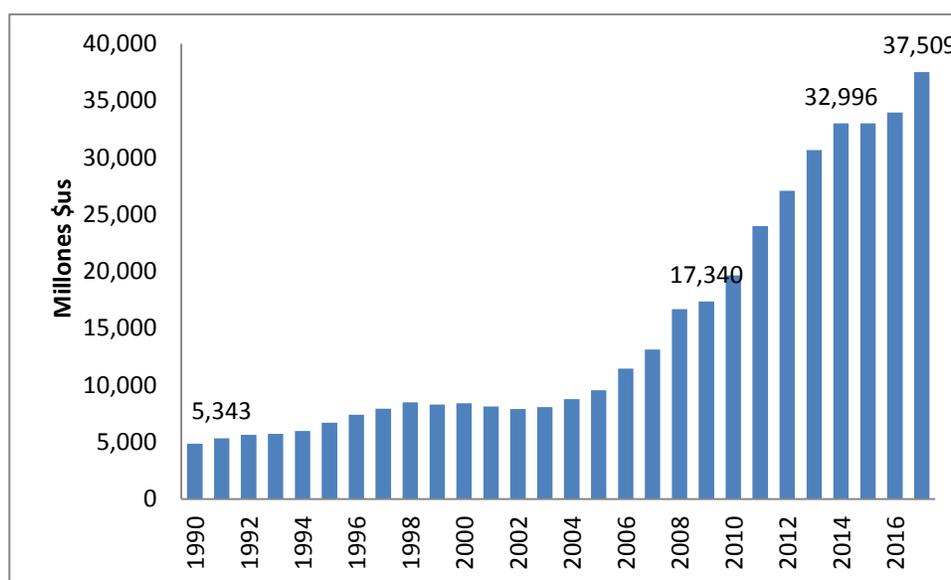
Para este fin analizaremos el crecimiento económico a través del estudio del PIB nominal y real; el desempeño de la industria eléctrica como su estructura, funcionamiento, la oferta, capacidad instalada, generación de electricidad, y demanda del sector medida en las potencias máximas, y ventas al consumidor final en los últimos años.

### **3.1. Crecimiento Económico**

El Producto Interno Bruto es una variable macroeconómica definida como el valor de mercado de todos los bienes y los servicios finales producidos que se utiliza para medir el desempeño económico en distintos periodos de tiempo. (Mankiw 2006).

La estructura productiva en la economía boliviana está concentrada en sectores primarios, como son el sector hidrocarburífero y la minería caracterizada por la extracción de recursos naturales y la exportación de materia prima. Por su parte, existe una participación menor del sector agropecuario y manufacturero. Esta situación evidencia la concentración de la actividad económica en sectores generadores de ingresos y en menor proporción la de empleo.

**Gráfico 2: PIB a precios corrientes (1990-2017) Miles de millones de dólares**



*Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco Mundial*

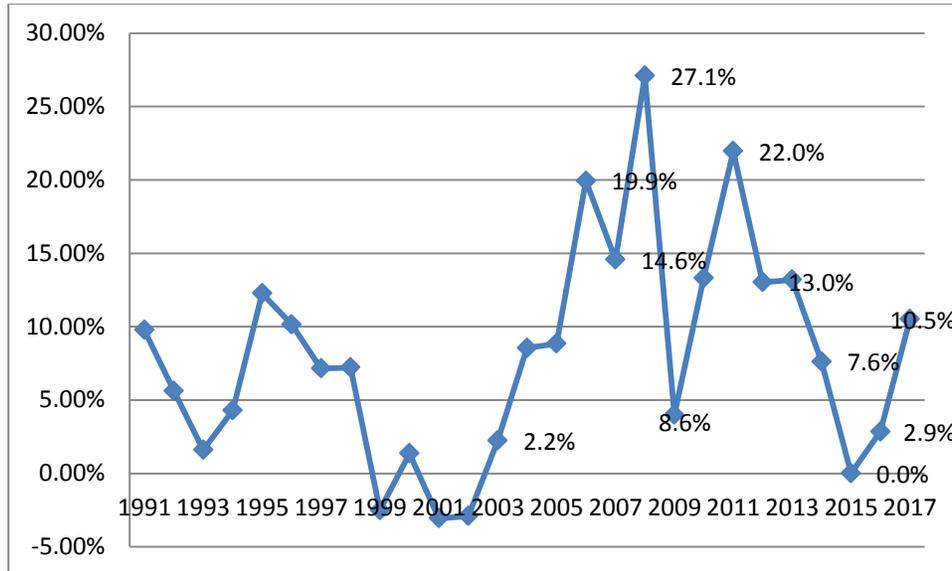
En el anterior gráfico se observa la evolución del producto interno bruto a precios de mercado, existen dos periodos desde 1990 al 2006 donde el crecimiento del PIB nominal fue en promedio del 4,7%, caracterizado por periodos de incertidumbre causados por crisis política y social, que redujeron la inversión privada nacional y extranjera que es sensible a factores de seguridad jurídica que es un componente de shock de los elementos sociales y políticos, así como los efectos retardados de la crisis asiática y brasileña de finales de los noventa y principios de los dos mil.

Ante la recuperación de la economía mundial en cuanto a incremento de la demanda externa versus precios internacionales de las materias primas, registran crecimientos sostenidos llegando a 2008 con 16674,77 MM \$US, sin embargo a finales de esta gestión se presentó la crisis financiera internacional que derivó en una menor demanda y reducción de precios de hidrocarburos, minerales y productos agrícolas.

Posteriormente, la economía nacional presenta dinamismo significativo hasta la gestión 2013 donde la caída de los precios del petróleo origina una desaceleración

en la que la economía nacional crece en promedio 3,4 %. Por ultimo en la gestión 2017 el PIB nominal consigue recuperarse y llega al 11,6% de crecimiento.

**Gráfico 3: Tasa de crecimiento del PIB a precios de mercado (en porcentaje)**



*Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco Mundial*

Por su parte, la tasa de crecimiento del PIB a precios de mercado presenta incrementos absolutos entre el periodo 1990 y 2017. Sin embargo, muestra una tasa fluctuante en todo el periodo.

Debido a que la economía nacional depende de los precios internacionales de las materias primas, el crecimiento del PIB muestra fluctuaciones que se deben a la reducción de las exportaciones por la desaceleración de la economía mundial a finales de los 90s que repercutió en una producción menor de minerales y del sector agropecuario, asimismo, la crisis económica de Brasil y Argentina repercuten en una menor producción y exportación de hidrocarburos, registrado entre el periodo 1999 y 2009 con tasas menores de 2,85% y 0,86% respectivamente.

Posteriormente a la primera gestión con los nuevos contratos de venta y la recuperación de las economías emergentes y desarrolladas que influyen en el

incremento de los precios, permiten el crecimiento de las exportaciones y la producción y demanda interna.

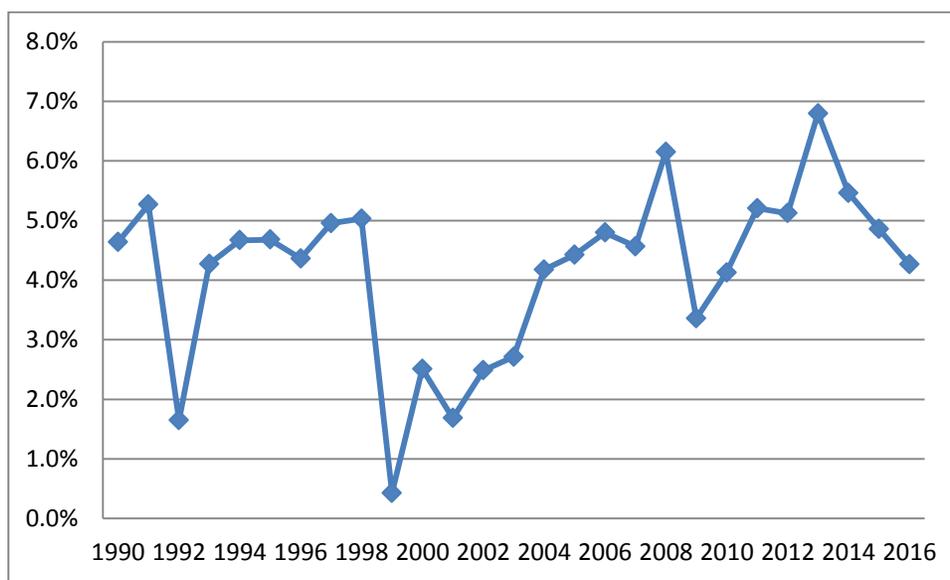
Por otra parte, en la gestión 2007 se registra una tasa de decrecimiento de 14,27% respecto a la gestión 2006, esto debido a un efecto volumen, provocado por la reducción de la producción interna por factores climáticos adversos “fenómeno del Niño y la Niña”, en el occidente del país la presencia de sequías y en el oriente intensidad de lluvias, y sequías en el Chaco. Posteriormente, se observa un pico de crecimiento nominal de 27,17% por el buen ambiente (demanda y precio) de la economía mundial, así como, por el dinamismo de la demanda interna. Sin embargo, a finales de la gestión 2008, por la presencia de la crisis financiera internacional, las principales economías consumidoras de materias primas, en especial la economía Brasileña principal mercado de la exportación de hidrocarburos (Gas Natural), que a su vez es una de las economías más golpeadas, redujo la demanda de la misma aunque el precio del barril de petróleo se redujo en un 50% para la gestión 2009. Contrariamente, ante la desaceleración de la economía global, la economía Boliviana muestra una tasa de crecimiento positivo de 0,4% por el efecto volumen (mayor producción) y por una mayor demanda interna de bienes y servicios.<sup>9</sup>

Esta situación se reflejaría más el dinamismo de la demanda interna y externa, teniendo en 2011 un crecimiento de 21,9% como valor nominal. Por último en el año 2005 se evidencia una fuerte caída explicada por la desaceleración de economías como Brasil, y Argentina, que son los principales destinos de las exportaciones nacionales, y que se verá más adelante, a continuación en el año 2016 y 2017 se observa un repunte hasta el 10%. En este contexto resulta útil también examinar el comportamiento del PIB real que es el valor de los bienes y servicios medido utilizando un conjunto constante de precios. (Mankiw 2006), para identificar el crecimiento económico que ha sido promovido por un efecto volumen y no por un efecto precio.

---

<sup>9</sup> Para contrarrestar la crisis internacional, la dinamización de la demanda interna; el incremento del consumo de hogares y la inversión pública mantienen una fuerte incidencia y soporte sostenido del producto nacional.

**Gráfico 4: Tasa de crecimiento del PIB a precios constantes (2010) (en porcentaje)**



*Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco Mundial*

Se observa el comportamiento del PIB real, con una tasa de crecimiento promedio anual de 3,99% y en valores de en 13.151 millones de dólares en 1999 a 26.758 millones de dólares en 2016. Por otra parte, el periodo general muestra una tasa anual positiva de crecimiento.

Existe un comportamiento muy irregular hasta el año 2000, esta situación se explica por la reducción de la producción de hidrocarburos y minerales, y otros productos agrícolas. Después de este periodo muestra una tendencia más sostenida con dos picos importantes, en el año 2007 los eventos climáticos adversos el Niño y la Niña afectaron la producción interna, en el periodo 2008 se registra un record de 6,15% por el efecto precio que indujo en una mayor producción interna de bienes y servicios de exportación.

Posteriormente en 2009, la crisis económica mundial influyo en una menor demanda de los hidrocarburos y minerales por Brasil y Argentina, sin embargo, contrariamente a los efectos negativos de la crisis de la demanda, la reducción de producción no se evidencio, dado la política de contrarrestar estos efectos a través de un incremento del efecto volumen en el crecimiento. En este sentido, la

economía boliviana registra una tasa de crecimiento positivo de 3,36% por encima del promedio de las economías latinoamericanas.

### 3.2. El Empleo en Bolivia

La estructura de la población boliviana se ha mantenido inalterable, en continuo desarrollo, derivado de su proceso vegetativo o de factores sociales, políticos, sanitarios de carácter externo, de ahí cobra importancia describir los aspectos estructurales de la población boliviana según población económicamente activa o en edad de trabajar. En este sentido, según datos aportados por el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) el año 2012, la población de Bolivia creció desde de 2.704.165 hab. en 1950 a 10.027.254 hab. en 2012.

**Cuadro 2: Población, Superficie y Densidad de Población, según Censos Nacionales**

CENSO	HABITANTES	DENSIDAD (HAB/KM2)
1950	2.704.165	2,46
1976	4.613.486	4,2
1992	6.420.792	5,84
2001	8.274.325	7,53
2012	10.027.254	9,13

*Fuente: Elaboración Propia con datos del Instituto Nacional de Estadística*

Es indudable que el aumento de la población boliviana ha seguido un ritmo extraordinariamente lento, debido no solamente a su anormal proceso vital interno, sino también debido a factores sociales de carácter externo. Entre los factores que dificultan el normal proceso interno, corresponde señalar el alto índice de mortalidad general, la mortalidad infantil, acentuada en el área rural.

**Cuadro 3: Evolución de la población en Bolivia por Censos**

PERIODO	CRECIMIENTO ABSOLUTO	CRECIMIENTO RELATIVO (%)	TASA MEDIA ANUAL DE CRECIMIENTO (%)	PERIODO DE DUPLICACION (AÑOS)
1950-1976	1.909.321	70,61	2,05	34
1976-1992	1.807.306	39,17	2,11	33
1992-2001	1.853.533	28,87	2,74	25
2001-2012	1.752.929	21,18	1,71	40

*Fuente: Elaboración Propia con datos del Instituto Nacional de Estadística*

Por otra parte, según estimaciones intra censales, realizadas según metodologías de estimación demográfica, la población boliviana creció a una tasa promedio anual de 2,15%, sin embargo, entre el 2001 y 2012, la población boliviana tiende al desaceleramiento de la tasa de incremento.

Entre los factores sociales de carácter externo cabe mencionar, la ausencia de un plan científico y operante de colonización, la mediterraneidad del país, la falta de selección científica de población migratoria, el éxodo de habitantes nacionales hacia los países limítrofes en busca de mejores medios de vida, las desmembraciones territoriales y las guerras civiles e internacionales, si bien estos últimos factores son retrocesos, los efectores retardos son determinantes en la población boliviana.

En este sentido, si bien es cierto que estos factores influyen en el aumento de la población boliviana, no es menos evidente que la influencia de dichos factores no es profunda. En efecto, para aumentar la población en condiciones de bienestar material y espiritual es indispensable modificar la base vital en que se sustenta una población.

Pero tal modificación implica el desarrollo de las fuerzas productivas, en el sentido de aplicar nuevas técnicas en el trabajo social, lo que a la posterior trae aparejada, mejores condiciones de alimentación, vestuario, higiene y cultura y, cuyos factores determinan el aumento deseable de la población de un pueblo. Por tanto, para lograr un incremento demológico en condiciones satisfactorias, es preciso, transformar la economía del país, y esa transformación comporta a su vez, racionalizar la agricultura y diversificar la industria, aprovechando mejor los recursos naturales del país.

Ahora bien, según el análisis de la estructura de la población por edad se basa en la distribución de la población por grandes grupos de edad. En los estudios de población se señala que una población es “joven” cuando la proporción de menores de 15 años alcanza alrededor de 40 por ciento respecto a la población total y los mayores de 65 años, constituyen menos de cinco por

ciento. Una población “vieja” tiene, en general, una proporción de menores de 15 años cercana a 20 por ciento de la población total y una proporción de personas de edad avanzada cercana o mayor que 10 por ciento de la población total.

### 3.2.1. Población en Edad de Trabajar y Económicamente Activa

Ahora bien, de acuerdo al análisis por grupo de edad, la Población Económicamente Activa (PEA) es radial de la Población en Edad de Trabajar (PET), que en la costumbre y legislación boliviana es a partir de los 15 años, representando por encima de los 68,72% ahora bien, la población económicamente activa representa el 59,54% del PET (Censo 2012). Esto significa que a razón de una mayor población infantil que se incorpora a las filas de la juventud y la disminución del mismo grupo, es significativo el crecimiento respecto al Censo 2001 que la población mayor a 15 años representa un 58,53% y un PEA 45,61%.

Por otra parte, la población ocupada (PO) representa el 98,62% del PEA, significativo de una tendencia de reducción de la tasa de desocupación (desempleo) (Censo 2012).

**Cuadro 4: Estructura de la Población por grupo de edad, PET, PEA y PO, según Censos Nacionales**

	1976	1992	2001	2012
<b>Población</b>	<b>4.582.710</b>	<b>6.413.665</b>	<b>8.261.554</b>	<b>10.038.866</b>
<b>&gt;15 (%)</b>	58,53	58,43	60,35	68,72
<b>PET</b>	2.682.260	3.747.504	4.985.848	6.898.709
<b>PEA</b>	1.223.406	2.039.282	2.563.389	4.108.056
<b>PO</b>	1.187.384	1.988.588	2.452.272	4.051.714

*Fuente: Elaboración Propia con datos del Instituto Nacional de Estadística*

### 3.2.2. Concentración de la Población Económicamente Activa Ocupada por Tipo y Sector Económico

Según la situación en el empleo de las personas de 15 o más años de edad que desempeñan un oficio u ocupación, los trabajadores por cuenta propia alcanzan a

50,6% seguido por los trabajadores asalariados con 41,5% y 7,9% otros (empleador o socio, cooperativistas de producción y trabajador familiar) (Censo 2012). De manera general, la tendencia de la población ocupada por cuenta propia crece a razón de la disminución porcentual de los otros dos tipos de ocupación, referente a efectos de las crisis económico, político y social de la economía boliviana, así como, la percepción de los costos de oportunidad en sectores generadores de ingresos con un margen de retorno a corto plazo.

**Cuadro 5: Población Económicamente Activa Ocupada por situación en el empleo, según Censos Nacionales**

DETALLE	1976	1992	2001	2012
<b>PO</b>	1.187.384	1.988.588	2.452.272	4.051.714
<b>TRABAJADOR POR CUENTA</b>	35,67	42,88	46,03	50,60
<b>TRABAJADOR ASALARIADO (%)</b>	35,66	36,67	38,62	41,50
<b>OTROS (%)</b>	28,67	20,45	15,35	7,90
<b>TOTAL</b>	100,00	100,00	100,00	100,00

*Fuente: Elaboración Propia con datos del Instituto Nacional de Estadística*

Como se ve en el siguiente gráfico, según la población ocupada por sector económico, 28,9% se encuentra en el sector agropecuario, 19,6% en el comercio al por mayor y menor, 9,55% industria manufacturera, 1,75% explotación de minas y canteras, y el resto 40,2% representa la población ocupada asalariada en el sector de servicios públicos privados (educación, salud, fuerzas armadas, aduana, impuestos internos, universidades, banca y otros) (Censo 2012).

**Cuadro 6: Población Económicamente Activa Ocupada por sector económico, según Censos Nacionales**

Detalle	1976	1992	2001	2012
<b>PO</b>	1.187.384	1.988.588	2.452.272	4.051.714
<b>Agropecuario (%)</b>	32,03	31,10	30,76	28,90
<b>Industria Manufacturera (%)</b>	8,29	8,30	8,40	9,55
<b>Comercio al por mayor y menor (%)</b>	14,11	17,20	18,10	19,60
<b>Explotación de minas y canteras (%)</b>	0,80	1,00	1,30	1,75
<b>OTROS (%) TOTAL</b>	44,77	42,40	41,44	40,20
<b>Total</b>	100	100	100	100

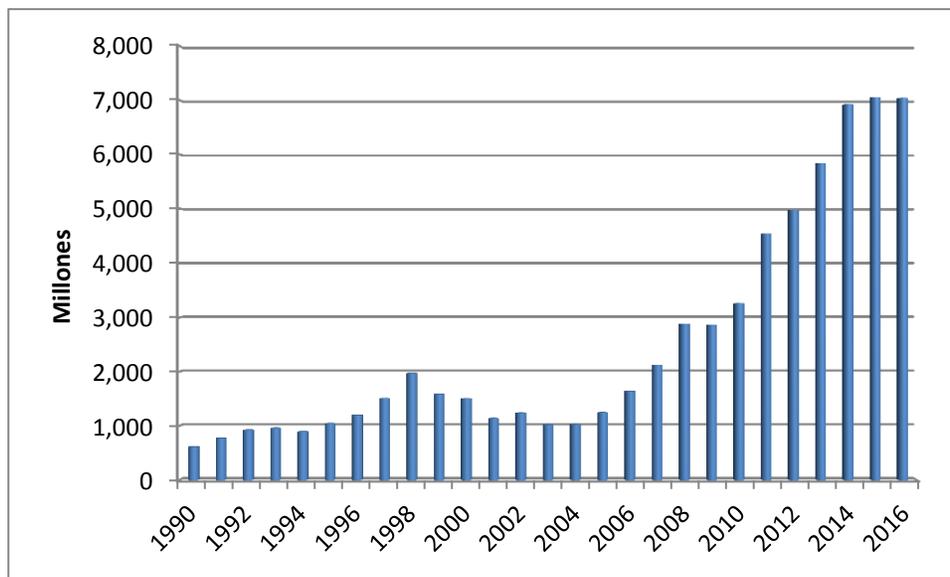
*Fuente: Elaboración Propia con datos del Instituto Nacional de Estadística*

### 3.3. Formación Bruta de Capital

Conocer el funcionamiento real de la economía en cada sociedad es condición básica para adoptar decisiones sobre la trayectoria de su desarrollo económico y social.

Por ello, un factor importante que afecta el crecimiento futuro de la economía es la parte del producto final que se adiciona al stock de bienes de capital existentes. Este factor, que forma parte del proceso de acumulación de capital, se transforma en un aumento de la productividad física del trabajo, así como mejoras técnicas en la producción. La formación bruta de capital fijo (anteriormente, inversión bruta fija interna) incluye los mejoramientos de terrenos; las adquisiciones de planta, maquinaria y equipo, y la construcción de carreteras, ferrocarriles y obras afines, incluidas las escuelas, oficinas, hospitales, viviendas residenciales privadas, y los edificios comerciales e industriales, y las adquisiciones netas de objetos de valor también constituyen formación de capital.

**Gráfico 5: Formación Bruta de Capital Fijo Miles Millones de \$us.**



*Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco Mundial*

La formación bruta de capital fijo muestra niveles un mínimo hasta el año 1998. Ahora bien, el ritmo de incremento de la inversión pública cobra mayor ímpetu, sobre todo en los años del 2006 al 2014 que son de vertiginosa aceleración,

posteriormente se nota una clara desaceleración hasta el 2016. En tanto que la inversión privada, si bien se ha mantenido en crecimiento, lo ha hecho a un ritmo mucho más lento, y con tendencia de caída en el último año.

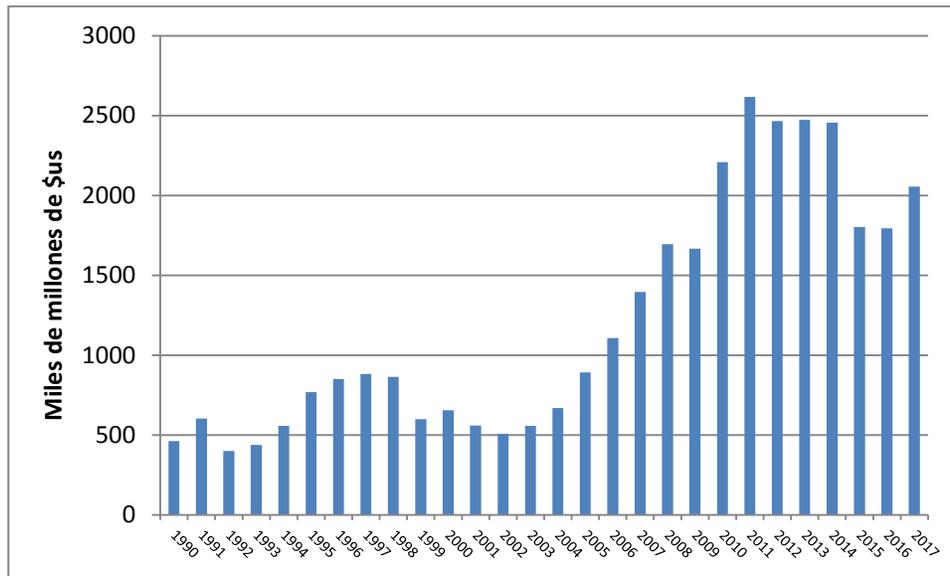
Este incremento se compone de bienes de capital, construcción de edificaciones industriales y comerciales, construcción de carreteras, adquisición de equipos de transporte, maquinaria y equipos de producción y el segundo, en el almacenamiento de materias primas y bienes adquiridos por los productores para su consumo intermedio, los bienes en curso de elaboración, y los productos terminados pendientes de venta y los adquiridos para su reventa.

Se trata, no cabe duda, del resultado de un modelo económico de corte estatista, que promueve la intervención estatal en los más diversos ámbitos y sectores, independientemente de la racionalidad económica, y con el efecto deliberado de desplazar al sector privado o reducirlo a su mínima expresión. Esto explica, también, que la inversión pública esté en máximos históricos, y que su continuo aumento sea la variable crítica para la estabilidad de la economía boliviana, así como el destino del mismo en la Construcción en detrimento de los Bienes de Capital. Sin embargo, este escenario es propicio para el incremento de la productividad del sector privado y un escenario incentivador y menos intervencionista en sectores productivos.

#### **3.4. Crecimiento Económico de Brasil**

Por último analizaremos el comportamiento del Producto Interno Bruto de Brasil que nos servirá como variables explicativa para explicar el crecimiento económico boliviano, esto se debe a que gran parte de las exportaciones de hidrocarburos se destinan hacia el Brasil; y por lo tanto se constituye en el principal mercado con el que cuenta el país y es una de las principales fuentes de ingresos del estado boliviano.

**Gráfico 6: Producto Interno Bruto de Brasil (1990- 2017)**



*Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco Mundial*

Si comparamos el comportamiento de la economía nacional con el producto interno bruto de Brasil se evidencia una clara relación entre ambos, por lo que se constituye en una importante herramienta para comprender el mercado nacional y de la región por la dependencia de la economía por el precio internacional de las commodities, especialmente el precio del petróleo el cual determina el precio del gas que exporta Bolivia a Brasil.

La economía en los últimos años de Brasil siendo uno de los países emergentes es buen reflejo del contexto mundial y refleja el impacto que ha tenido las crisis del 2008, conjuntamente del de la economía Griega y la Eurozona, además de los conflictos en Medio Oriente que modifican el precio internacional del petróleo, afectando el desempeño del resto de la economía Mundial.

### **3.5. Desempeño del Sector Eléctrico en Bolivia**

La generación y transporte de electricidad son el conjunto de instalaciones que se utilizan para transformar otros tipos de energía en electricidad y transportarla hasta los lugares donde se consume de este modo las instalaciones eléctricas

también permite utilizar la energía eléctrica a mucha distancia del lugar donde se genera.

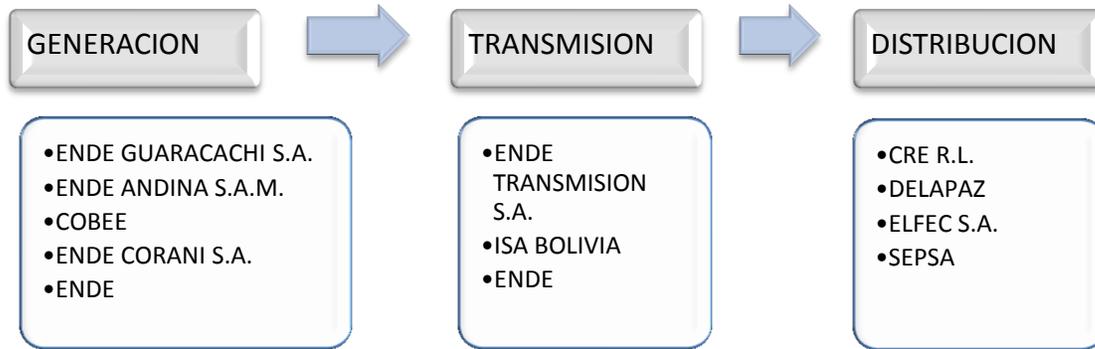
El sistema eléctrico boliviano está conformado por el Sistema Interconectado Nacional (SIN), que provee de energía eléctrica a las principales ciudades del país y los Sistemas Aislados que abastecen a las ciudades menores y distantes del eje troncal. El SIN fue constituido por la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) a finales de la década de los 70 y se compone de instalaciones de generación, transmisión y distribución que operan en forma coordinada para abastecer el consumo eléctrico de los departamentos de La Paz, Oruro, Cochabamba, Santa Cruz, Beni, Potosí y Chuquisaca, lo que representa más del 90% de la demanda nacional.

Asimismo, el SIN está conformado por cuatro áreas bien definidas: Norte (La Paz y Beni), Oriental (Santa Cruz), Central (Oruro y Cochabamba) y Sur (Potosí y Chuquisaca) y su operación, según la normativa vigente, está basada en el aprovechamiento integral y sostenible de los recursos energéticos, la competencia en generación y el acceso libre a la transmisión. (Ver Anexos)

La Industria Eléctrica en Bolivia está conformada por generadores, transmisores y distribuidores del servicio de electricidad. De manera que la oferta de electricidad está constituida por los generadores y la demanda está compuesta por los distribuidores y los consumidores no regulados, todos ellos interconectados por medio de un sistema de transmisión operado por las principales empresas.

Las principales empresas generadoras en el SIN son: ENDE GUARACACHI S.A., ENDE ANDINA S.A.M., COBEE, ENDE CORANI S.A., que generan el 86% de la electricidad total, asimismo las empresas con la mayor longitud de líneas de Alta tensión son ENDE TRANSMISION S.A., ISA BOLIVIA, ENDE que tienen el 96% de total de líneas de transmisión, y por ultimo las principales empresas de distribución de electricidad en el país son: CRE R.L., DELAPAZ, ELFEC S.A., y SEPSA (que suministra energía eléctrica en las ciudades de Santa Cruz, La Paz, Cochabamba y Potosí respectivamente).

**Cuadro 7: Funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional**



*Fuente: Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

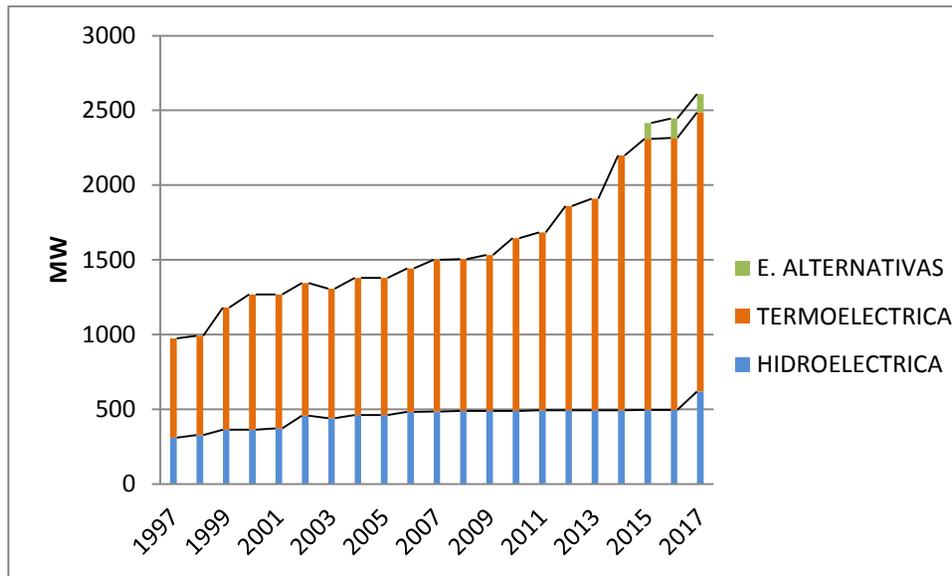
### 3.5.1. Potencia Instalada

Se considera como energía eléctrica aquella que se transmite por medio de electrones en movimiento. Su unidad de medida es el watt (W), que representa la potencia eléctrica que se produce por una tensión eléctrica de un voltio y una corriente eléctrica de un ampere. Para medir la generación de electricidad se utilizan los kilowatts/hora (kWh) que hace referencia a los watts que se generan en una hora.<sup>10</sup>

La energía eléctrica se clasifica de acuerdo a su tipo de planta de producción y puede ser hidroeléctrica, si su funcionamiento depende del movimiento de turbinas hidráulicas para mover generadores eléctricos; termoeléctrica, si se utiliza algún tipo de combustión para producir vapor agua, eólica cuando se usan hélices y un alternador para convertir la energía cinética del viento en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica y solares cuando la radiación solar es atrapada por colectores de concentración o a través de obleas solares de silicio que convierten la radiación en electricidad de forma directa. Las plantas termoeléctricas también se subdividen en otras dependiendo de cómo se produce el vapor de agua (con hidrocarburos, con gas, con fisión nuclear de materiales radiactivos, etc.).

<sup>10</sup> Un kilowatt equivale a 1000 watts.

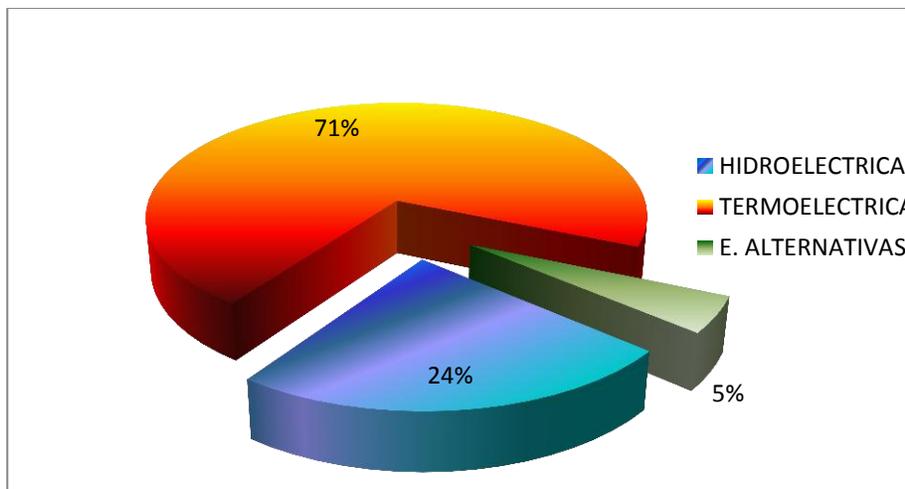
**Gráfico 7: Evolución de la potencia instalada (1997-2017)**



*Fuente: Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

La potencia efectiva total a diciembre de 2017 fue de 2.317,30 MW e incluye el Sistema Interconectado Nacional (SIN), los Sistemas Aislados (S.A.) y Autoprodutores. Mientras que la potencia instalada (SIN y SA) en el año 2017 alcanzó a los 2610,3 MW lo que significó un incremento de 6,71% con respecto al año anterior.

**Gráfico 8: Porcentaje de la potencia instalada por tipo de planta (2017)**



*Fuente: Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

En el gráfico 8 se observa que la potencia instalada en Bolivia esta principalmente en las plantas termoeléctricas con un 71%, seguida por las plantas hidroeléctricas con 24%, y las energías alternativas alcanzan el restante 5% de potencia.

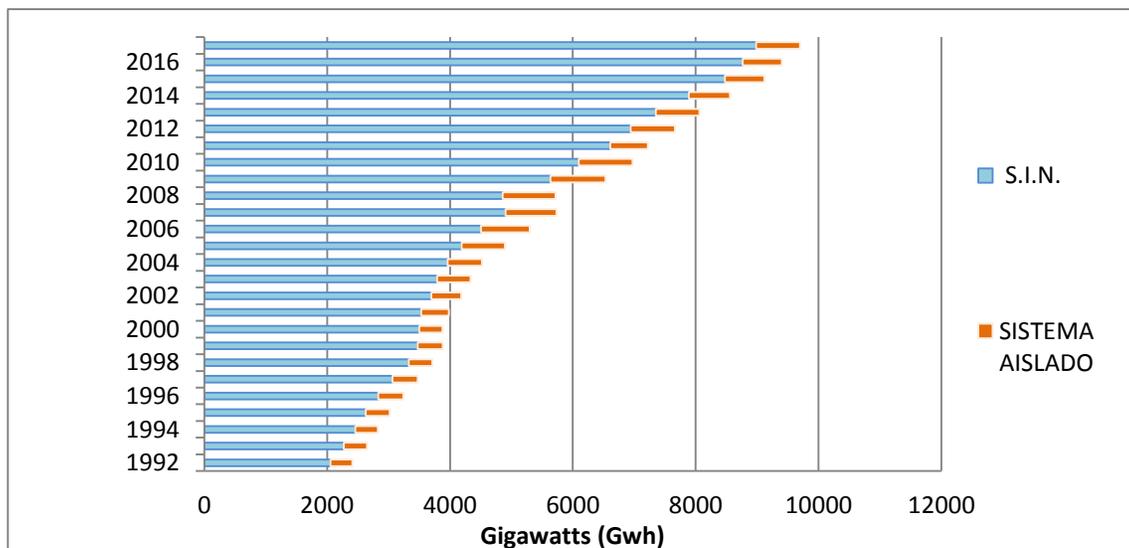
Si bien la matriz energética es claramente termoeléctrica no se puede dejar de mencionar el incremento de la potencia de las plantas hidroeléctricas de los últimos años y la política gubernamental de ampliar el horizonte de potencia principalmente con plantas hidroeléctricas –además de geotérmica, eólica y fotovoltaica- que incrementen la capacidad energética eléctrica del país especialmente destinada a la exportación de excedentes (Ver Anexos).

### **3.5.2. Generación de Electricidad**

La generación de energía es toda la electricidad creada a lo largo de un año destinado al consumo doméstico o la exportación que es capaz de producir un país y se mide en GWh.

La oferta de electricidad en Bolivia está constituida por centrales de generación hidroeléctrica, eólica y termoeléctrica, principalmente a Gas Natural. La potencia efectiva total a nivel nacional y a diciembre de 2015 fue de 2.191,3 MW e incluye el Sistema Interconectado Nacional (SIN), los Sistemas Aislados (S.A.) y Autoprodutores. A su vez la demanda está constituida por los distribuidores de electricidad y los consumidores no regulados, todos ellos interconectados por medio de un sistema de transmisión.

**Gráfico 9: Evolución Anual de la Generación Bruta de electricidad (GWh) S.I.N. y S.A. (1992-2017)**



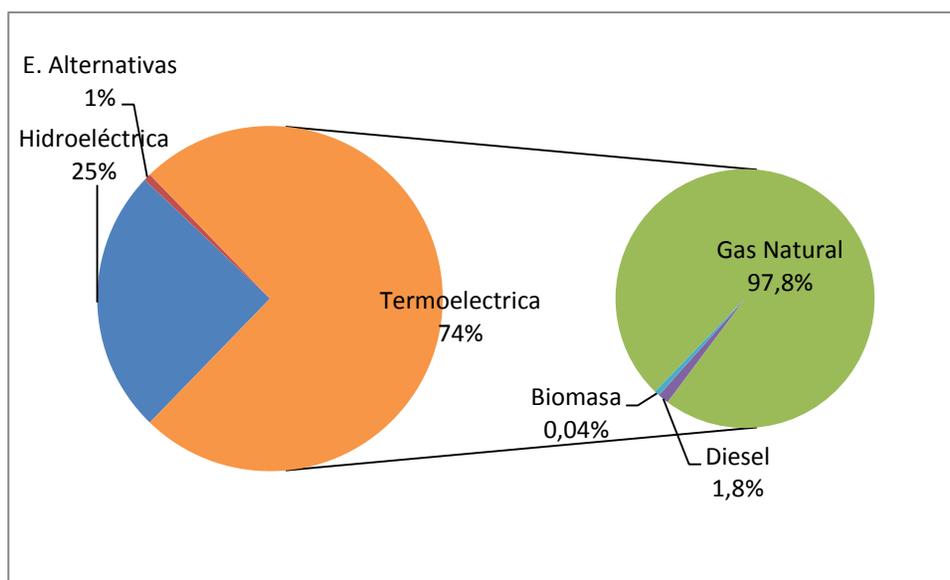
*Fuente Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

En el gráfico 9 se advierte un sostenido incremento de la generación bruta en el país, con un incremento promedio de 5,7% en los últimos diez años. La generación bruta de las centrales del Sistema Interconectado Nacional (SIN) en el año 2017 fue de 8.981,3 GWh, lo que representó el 92,62% de la energía total, mientras que la energía producida en los sistemas aislados llegó a 715,7 GWh, por lo que la generación total producida en el año 2017 alcanzó los 9.697 GWh.<sup>11</sup>

Este incremento acompaña a la expansión que la economía ha experimentado en los últimos años, una mayor producción requiere también mayores insumos, siendo uno de los más importantes la energía eléctrica. Como ya hemos observado en el gráfico (la matriz energética en electricidad en el país es indudablemente termoeléctrica que a su vez necesita de materias primas para la generación de electricidad, en el siguiente gráfico se ilustra la fuente de combustibles.

<sup>11</sup> (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad s.f.)

**Gráfico 10: Generación Bruta de electricidad por combustible 2017 (%) S.I.N. y S.A.**



*Fuente Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

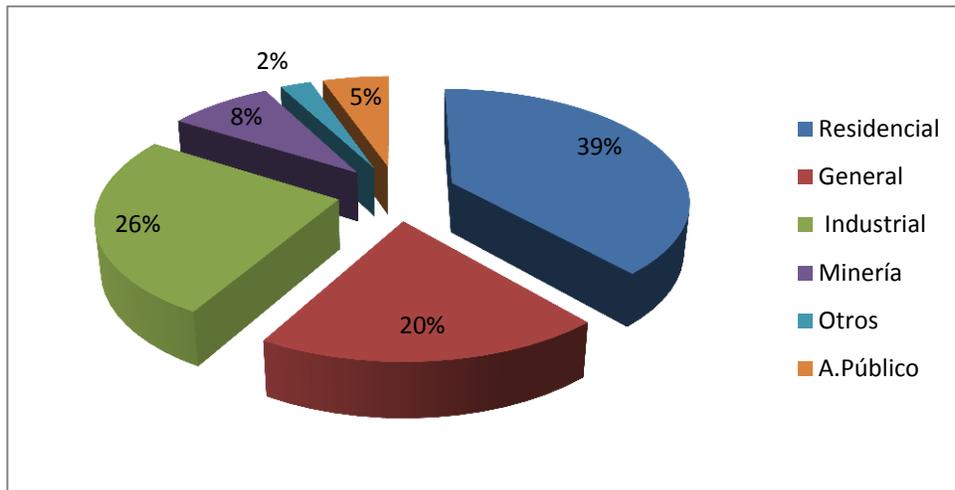
Las centrales termoeléctricas producen la mayoría de electricidad (74%) del país, para lo cual utilizan sobretodo gas natural seguido por una porción de diesel y Biomasa (97.8%, 1.8%, 0.04% respectivamente). Las hidroeléctricas aportan con un 25% de electricidad, mientras que las energías alternativas suman 1%.

Importantes proyectos e inversiones en la producción de energía de origen hidroeléctrica y alternativa están siendo implementados que sin duda cambiarán la composición de la generación de electricidad en el futuro. (Ver anexo).

### **3.5.3. Demanda de Energía Eléctrica**

El consumo de electricidad se mide de acuerdo al lugar de destino final, puede ser de tipo industrial, residencial, general, minero; exportación, alumbrado público y otros, La mayoría de la energía eléctrica en Bolivia se consume en el sector residencial, la cual represente aproximadamente un 39% anual de la energía total en este sector (véase gráfico 11). Mientras que el sector Industrial ocupa un 26% de consumo, Esta es una gran diferencia con el resto de países donde es el sector industrial el mayor consumidor de electricidad.

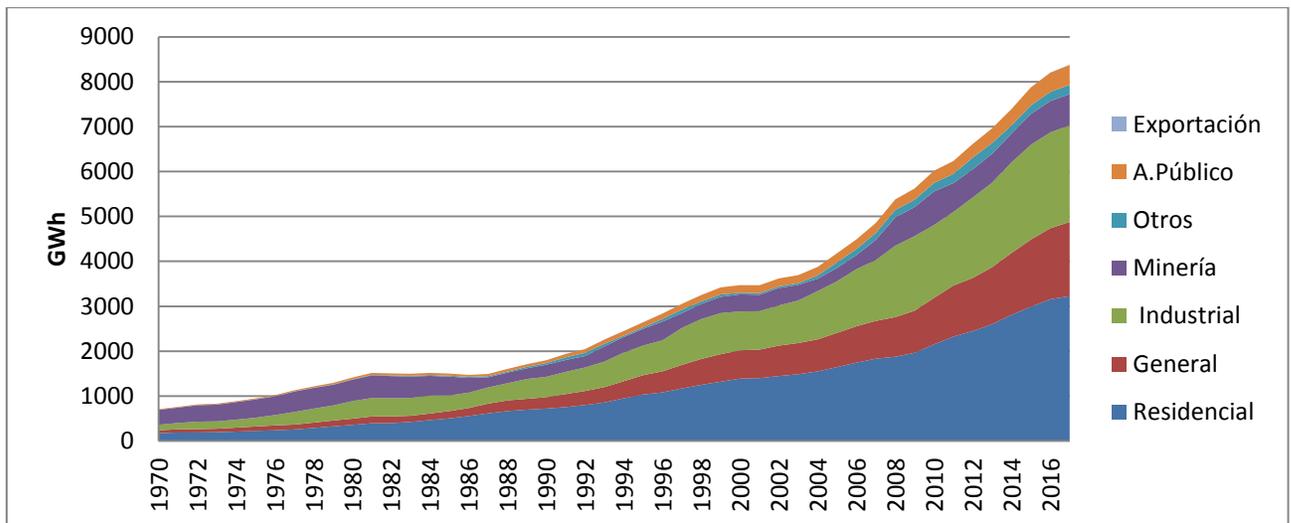
**Gráfico 11: Consumo de electricidad por consumidor final 2017**



*Fuente Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

El gráfico 11 ilustra el argumento anterior y señala que, mientras el consumo de electricidad de carácter productivo es de 31% (industrial y minería) el restante porcentaje tiene un crecimiento vegetativo que responde al número de habitantes y de instituciones administrativas. Podemos ver en el siguiente gráfico el crecimiento del consumo de cada uno de los sectores.

**Gráfico 12: Venta de electricidad por consumidor final (GWh) S.I.N. y S.A. (1992-2017)**



*Fuente Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

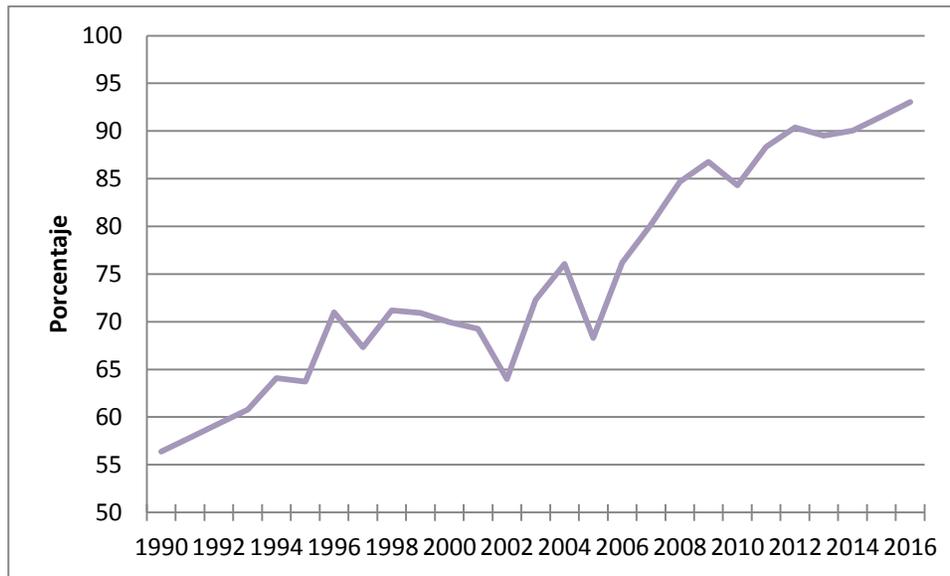
Durante la última década la tendencia de crecimiento de la demanda de energía eléctrica en Bolivia pasó por dos periodos, el primero del 2000 al 2005, donde se tuvo un crecimiento promedio del orden del 3,98% anual, impulsado principalmente por el incremento vegetativo de la población y un segundo periodo del 2006 al 2017, donde el crecimiento promedio fue de 9,04%. Este acentuado incremento en la tasa de crecimiento anual se debe en gran medida a una política agresiva por parte del Estado, destinada a la expansión de la frontera y desarrollo de la infraestructura eléctrica para sostener el creciente aparato productivo del país e incrementar el acceso al servicio básico de electricidad.

El sector eléctrico es una base del crecimiento económico del país, y debe ir acorde con el crecimiento industrial manufacturero, minero, comercial y de transporte de la economía nacional de los últimos años. El sector minero, orientado a la industrialización de recursos minerales metálico y no metálico, demandó 694,67 GWh del sector eléctrico, el sector industrial manufacturero 2.151,61 GWh, La categoría general consumió 1.651,41 GWh, el sector residencial 3.225,54 GWh y el alumbrado público tuvo un consumo de 443,31 GWh. En total el consumo anual del 2017 fue 8.981,3 GWh.

Es evidente un aumento sostenido del consumo de electricidad el sector residencial que tiene un crecimiento promedio del 6,4%, mientras que el sector general creció en promedio un 7,2% y el consumo en el sector Industrial creció un 6,5%.

Este incremento en el consumo residencial podría explicarse por la inclusión de nuevos hogares con acceso a la electricidad de los últimos años.

**Gráfico 13: Acceso a la electricidad (% de población)**



*Fuente Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

Debido a la variada geografía nacional y la poca atención gubernamental en atender el derecho del acceso a la electricidad en los sectores más alejados de la población rural, esto expone a muchas familias a una total exclusión tanto en el sentido productivo y comercial, como también en el sentido de desarrollo humano privando a estas personas de servicios como es el de la salud y educación oportunos que para su correcta actividad requieren el uso de instrumentos y aparatos eléctricos reduciendo mucho sus calidad de vida y sus oportunidades de desarrollo.

Debido a la inclusión de nuevas familias al acceso al servicio básico de la electricidad en Bolivia el consumo residencial también se incrementa de gran manera, en el año 2017 el acceso a la electricidad alcanzo el 93%, y según esta tendencia se pronostica alcanzar el 100% de cobertura en territorio nacional para el 2025, como muestra el siguiente gráfico.

**Cuadro 8: Hogares con electricidad y cobertura (quinquenios 2005-2025)**

ÁREA	DESCRIPCIÓN	2005	2010	2015	2020	2025
Bolivia	Habitantes**	8.911.754	9.708.540	10.574.841	11.439.522	12.261.254
	Hogares***	2.211.953	2.613.798	3.017.396	3.374.047	3.788.097
	Hogares c/elec.****	1.485.105	2.015.761	2.642.588	3.239.085	3.788.097
	Hogares incorporados*			339.444	596.497	549.012
	<b>Cobertura %</b>	<b>67</b>	<b>77</b>	<b>88</b>	<b>96</b>	<b>100</b>
Urbano	Habitantes**	5.736.514	6.462.013	7.268.051	8.035.619	8.926.737
	Hogares***	1.408.351	1.693.609	2.060.639	2.319.102	2.658.446
	Hogares c/elec.****	1.220.238	1.531.097	2.009.123	2.319.102	2.658.446
	Hogares incorporados*			271.789	309.979	339.344
	<b>Cobertura %</b>	<b>87</b>	<b>90</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Rural	Habitantes**	3.175.240	3.246.527	3.306.790	3.403.903	3.334.517
	Hogares***	803.602	920.190	956.757	1.054.945	1.129.651
	Hogares c/elec.****	264.867	484.664	633.465	919.983	1.129.651
	Hogares incorporados*			67.655	286.518	209.668
	<b>Cobertura %</b>	<b>33</b>	<b>53</b>	<b>66</b>	<b>87</b>	<b>100</b>

\*Hogares incorporados durante el quinquenio. (En el 2015 se considera el periodo 2013-2015).

\*\*Proyecciones Instituto Nacional de Estadística Censo 2001 datos Censo 2012.

\*\*\*Estimación Tendencial.

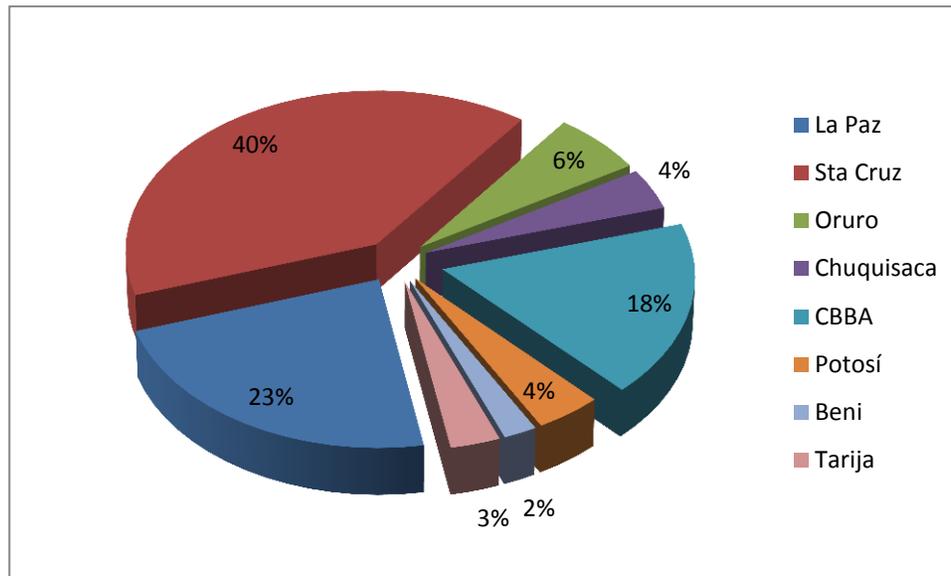
\*\*\*\*Con base en niveles de consumo específico e incremento de usuarios.

Fuente: Elaborado por el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, con base en datos del Comité Nacional de Despacho de Carga, Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad, Instituto Nacional de Estadística - Censo 2012 Población y Vivienda.

*Fuente Plan eléctrico de Bolivia 2025*

El consumo de electricidad también puede ser analizado por departamentos

**Gráfico 14: Consumo de electricidad por departamento (2017).**

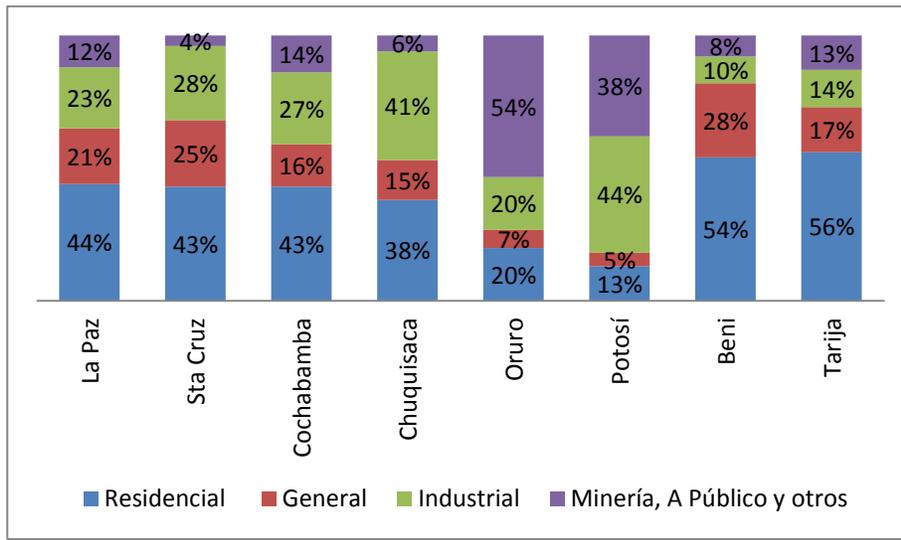


*Fuente Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

El departamento que más electricidad requiere es Santa Cruz con 40% del consumo total, gran parte de la población y la industria nacional se encuentra en este departamento, mientras que La Paz ocupa el 23%, y Cochabamba el 18%, los demás departamentos se dividen el restante porcentaje con proporciones menores a 6%.

También resulta interesante ver la composición del consumo de cada departamento para ver el consumo destinado al sector productivo y al sector residencial.

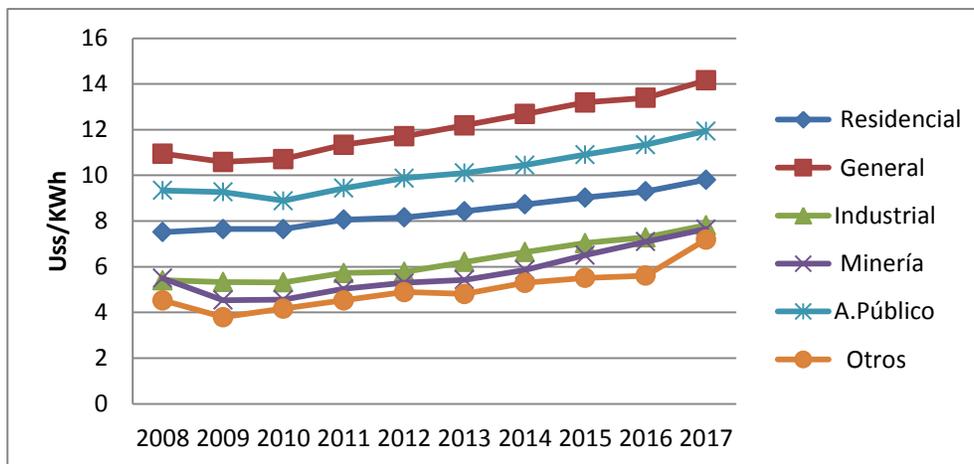
**Gráfico 15: Participación departamental del consumo de electricidad por sectores**



*Fuente: Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

Del gráfico anterior se puede apreciar una matriz industrial de Potosí y Chuquisaca, por temas de comparación la mayor proporción del consumo en el sector productivo la lleva Santa Cruz seguida por Cochabamba, también podemos observar la variabilidad de la demanda de energía eléctrica en los departamentos de Oruro y Potosí donde esta es predominantemente minera, lo cual incide sustancialmente en el comportamiento de la curva del tipo de consumo.

**Gráfico 16: Tarifa promedio a consumidor final por categoría [cUS\$/kWh (sin IVA)]**

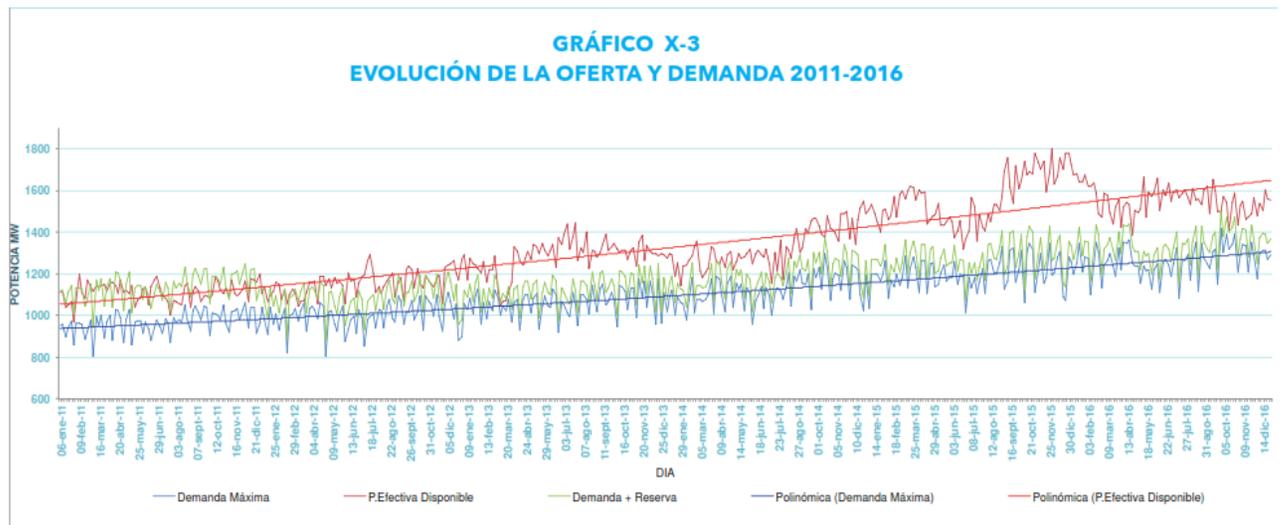


*Fuente: Elaboración propia con datos de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad*

La tarifa al consumidor final ha tenido un comportamiento ascendente en los últimos años sobre todo en la categoría general (comercio y servicios), así como en el Alumbrado público y en el residencial.

Para finalizar veamos ahora el comportamiento de la oferta y demanda en la potencia requerida en el tiempo desde el año 2011 hasta el 2016.

**Gráfico 17: Evolución de la oferta y demanda 2011-2016**



Fuente: Plan eléctrico de Bolivia 2025

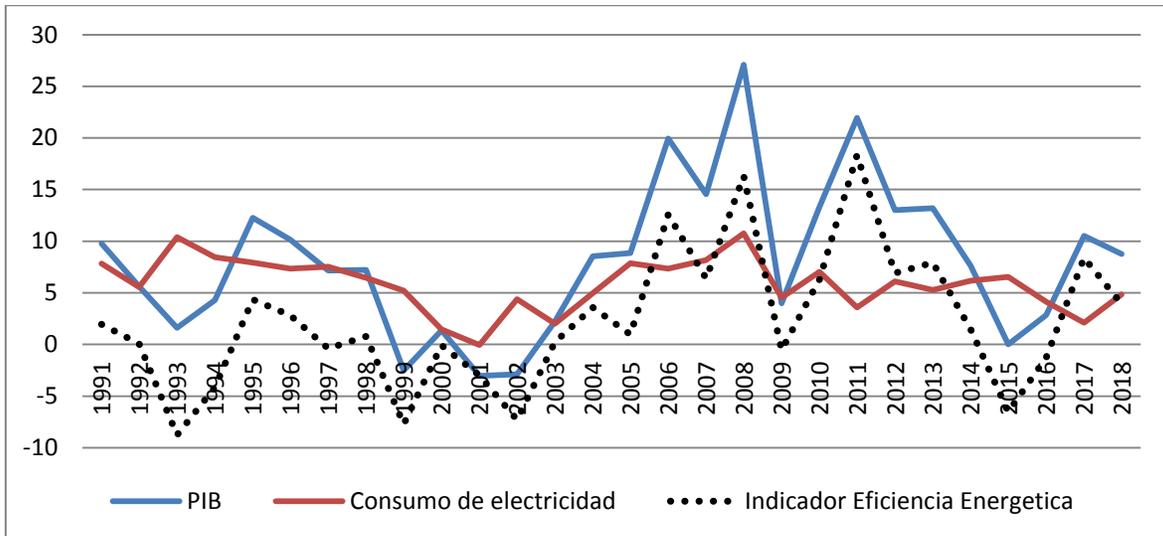
En el gráfico anterior se muestra que en el 2011 la diferencia de potencia entre la oferta y la demanda era muy reducida y en ocasiones la demanda excedía la oferta ocasionando problemas en el suministro de energía que se solventaba con la reserva, en los años posteriores podemos ver un claro aumento de ambas variables, sin embargo la tendencia positiva en la oferta o potencia efectiva es superior al ritmo en la que crece la demanda originando un excedente de potencia que permite cubrir la demanda interna y afrontar una potencial exportación.

### 3.5.4. Medición del uso de la Eficiencia de la Energía Eléctrica

El análisis de eficiencia muestra el uso productivo o improductivo del consumo de energía eléctrica respecto al PIB. Por ello, la energía eléctrica al ser un insumo para la producción ayuda al cálculo de la eficiencia con la que se produce una unidad adicional de bien en la economía: la eficiencia energética se obtiene

cuando la tasa de crecimiento promedio anual del consumo de energía eléctrica es igual o menor a la tasa de crecimiento del PIB, de lo contrario mostraría una ineficiencia energética.

**Gráfico 18: Crecimiento del PIB real, Consumo de energía eléctrica y eficiencia, 1991-2018 (En Porcentajes)**



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial y el Instituto Nacional de Estadística

Nota: Índice de Eficiencia en el Eje Secundario (Si IE>1 eficiencia, si IE<1 ineficiencia energética).

La situación observada, muestra que el PIB crece a un ritmo de 8,12% promedio anual entre el periodo 1991 y 2018(p), mientras que el consumo de energía eléctrica creció con menor rapidez, a una tasa anual media de 5.85% y hace notar que esta menor intensidad energética origina un aumento de la eficiencia energética especialmente a partir del año 2003 donde se vuelve positiva , sin embargo experimenta una ineficiencia energética en el año 2015 que podría ser producto de una menor participación en el PIB de actividades productivas que son intensivas en la utilización de energía, como es el caso de la producción minera.

**CAPITULO IV**  
**MARCO PRACTICO**  
**DEMOSTRATIVO**

El objetivo del presente capítulo es el de presentar una demostración formal de la hipótesis de trabajo y las preguntas de investigación a partir de métodos econométricos como un modelo de regresión lineal autoregresivo utilizando el programa E-views 8.

Para la identificación de la relación de causalidad se seleccionó el método de Causalidad de Granger para determinar la relación causalidad entre las variables de estudio, debido a que este método tiene la característica de estimar resultados confiables independientemente del tamaño de la muestra. Para el efecto se emplea datos anuales sobre PIB real de Bolivia, PIB real de Brasil, formación bruta de capital fijo, fuerza laboral, consumo de energía eléctrica, durante el periodo 1990-2018.

El término de causalidad fue introducido por C. Granger a final de los años 60. La causalidad en sentido Granger se define como: 'Si un evento "A" ocurre después del evento "B", entonces "A" no puede causar a "B"', esta afirmación conlleva a dos implicaciones: primero, la causa ocurre antes del efecto y segundo, la causa contiene información que es única y no está en la otra variable (Granger, 1969), en otras palabras, el tiempo no corre hacia atrás, el futuro no puede causar el pasado. Muchos autores prefieren el término precedencia en vez de causalidad, si el enunciado es " $Y_i$  causa a  $Y_j$ " se interpreta como " $Y_i$  contiene información útil para predecir  $Y_j$ " (Gujarati 2003).

#### **4.1. Modelos de Vectores Autorregresivos (VAR)**

Los modelos VAR surgieron del interés por entender la macroeconomía a través de un análisis aplicado y con la característica de intentar organizar de forma estructural la correlación entre las variables relevantes. Esta metodología se ha utilizado principalmente para la interpretación de fluctuaciones cíclicas de variables macroeconómicas y para identificar el efecto de políticas económicas.

La metodología VAR también tiene su aplicación para describir el comportamiento de un moderado número de variables de series de tiempo que generalmente se consideran a priori como endógenas, de manera que cada variable endógena se

explica por sus valor rezagados y el de las otras variables endógenas en el modelo. Un modelo VAR captura las interacciones dinámicas de un conjunto de  $K$  variables de serie de tiempo  $y_t = (y_{1t}, \dots, y_{kt})$  El modelo básico de orden  $p$  (VAR ( $p$ )) tiene la forma:

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t$$

Donde los coeficientes  $A$  representan una matriz de coeficientes ( $K \times K$ ),  $u_t$  es un error no observable y  $p$  es el número de rezagos. Se asume que el comportamiento de los errores representa un ruido blanco con media cero y es invariante en el tiempo.

Para su estudio y aplicación, un modelo VAR puede representarse de tres maneras diferentes: VAR en forma reducida, un VAR recursivo y un VAR estructural (SVAR). Un VAR en forma reducida comprende una ecuación por variable considerada en el sistema, en el lado derecho de la igualdad se incluye una constante y los términos rezagados de todas las variables en el sistema. Un VAR recursivo utiliza un método arbitrario para modelar correlaciones contemporáneas entre las variables. En cambio, los modelos SVAR estructurales utilizan teoría económica para asociar correlaciones con relaciones causales.

Los modelos VAR consideran una serie de pasos para una correcta especificación. Primero se debe conocer la naturaleza estacionaria de las variables que se van a modelar. Si las variables son estacionarias se puede proseguir con la estimación de un modelo VAR. En cambio, si las variables son estacionarias en diferencia y tienen una relación de cointegración, entonces se genera un problema de especificación en el modelo VAR, y debe proseguirse con un VECM (Modelos de Vectores de Corrección de Error).

#### **4.1.1. Estacionariedad**

Para trabajar con modelos VAR, una de las condiciones necesarias que deben cumplir las variables  $y_t$  es que sean estacionarias. La condición de

estacionariedad se cumple cuando un proceso estocástico es invariante en el tiempo  $t$  y en segundos momentos:

$$E(y_t) = \mu_y \quad \forall t \in T$$

$$E(y_t - \mu_y)(y_{t-h} - \mu_y) = \gamma_h \quad \forall t \in T \text{ y todos los enteros } h: t - h \in T$$

La ecuación se refiere a que todos los miembros de un proceso estocástico estacionario tienen media constante de modo que la serie de tiempo fluctúa alrededor de esa media y no presenta una tendencia. De igual manera, la segunda ecuación sugiere que la varianza tampoco depende del tiempo sino solo de la distancia del tiempo  $h$  en dos momentos del proceso.

Aunque la estacionariedad puede parecer una propiedad poco común en las series de tiempo de variables económicas, es posible generar un comportamiento estacionario a partir de transformaciones logarítmicas y tasas de cambio, utilizando filtros o con procesos integrados (Wooldridge 2010)

#### 4.1.2. Raíz unitaria

Los procesos integrados son un mecanismo frecuentemente utilizado para eliminar la tendencia en una serie de tiempo al tomar primeras diferencias. Un proceso estocástico no estacionario que puede transformarse en estacionario en primeras diferencias se le conoce como integrado de primer orden  $I(1)$ . En general, el orden de integración  $I(d)$  sugiere el número de veces  $d$  que tuvieron que aplicarse para que el proceso se considere estacionario. Cuando no es necesario obtener primeras diferencias para que el proceso estocástico sea estacionario se le conoce al orden de integración como  $I(0)$ . De modo que:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$$

Un proceso integrado  $I(d)$  con  $d \geq 1$  es comúnmente conocido como un proceso que tiene raíz unitaria. Debido a que el orden de integración es difícil de concluir a partir de gráficos del comportamiento de las series en el tiempo, de la autocorrelación o de la autocorrelación parcial; y de su importancia para la

metodología VAR, se han desarrollado pruebas estadísticas para detectar la presencia de una raíz unitaria. Estas pruebas contrastan dos tipos de hipótesis, una donde el proceso estocástico no tiene raíz unitaria y es estacionario, y otra donde sí hay raíz unitaria y no es estacionario. En general, las pruebas de raíz unitaria consideran tres tipos de comportamiento para las series de tiempo: caminata aleatoria, caminata aleatoria con deriva, una caminata aleatoria con deriva entorno a una tendencia. Aunque el objetivo es el mismo, algunas pruebas verifican como hipótesis nula que si existe raíz unitaria (como la prueba de Dickey Fuller Aumentada o la prueba de Phillips-Perron)

#### **4.1.3. Regresión espuria**

Una regresión espuria ocurre cuando los elementos de las variables dependientes  $y_t$  y las variables independientes  $x_t$  son no estacionarios. En términos matriciales:

$$Y_t = x_t' \beta + u_t$$

Donde  $u_t$  representa a los residuales. De no existir un valor poblacional de  $\beta$  tal que el valor residual  $u_t = y_t - x_t' \beta$ , entonces la estimación producirá resultados espuria. (Gujarati 2003) La noción de regresión espuria se refiere a una regresión entre variables no estacionarias que encuentra resultados de ajuste aún en la ausencia de una conexión directa entre ellas. Es decir, una regresión se considera espuria cuando el residual  $u_t$  es no estacionario para todos los posibles valores del vector de coeficientes, de modo que los resultados parecerán espuriamente precisos aunque la estimación no sea consistente.

#### **4.1.4. Cointegración**

La cointegración es importante para la metodología VAR debido a su vínculo con la existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo entre variables no estacionarias. Por equilibrio se entiende un estado donde no hay una tendencia endógena para desviarse. El concepto de cointegración se refiere a la propiedad estadística de series no estacionarias que lleva a interpretaciones significativas en términos de la existencia de relaciones de equilibrio.

Se dice que un vector  $(nx1)$  de series de tiempo  $y_t$  está cointegrado si cada una de las series es  $I(1)$  individualmente, no estacionarias con raíz unitaria, pero una combinación lineal de las series es estacionaria o  $I(0)$ , para un vector  $(nx1)$  diferente de cero (Gujarati 2003). De manera general, la cointegración se define de la siguiente manera: dado  $y_t$  un vector  $(nx1)$  de variables  $I(d)$  (series que necesitan diferenciarse  $d$  veces para ser estacionarias), se dice que son cointegradas de orden  $(d, b)$  y con rango  $r < n$  si existe una matriz con rango completo  $\beta (n \times r)$  tal que  $z_t = \beta' y_t$  sea  $I(d, b)$ . Es decir, existen  $r$  combinaciones lineales de elementos de  $y_t$  que generan variables con un menor orden de integración.

#### **4.1.5. Prueba de cointegración de Johansen**

La prueba de cointegración de Johansen es una que se utiliza para determinar las relaciones de cointegración entre variables. La particularidad de este método es que permite más de una relación de cointegración en un sistema de variables. Esta prueba se puede realizar de dos diferentes enfoques, con eigenvalores o con traza. La hipótesis nula para la traza establece que los vectores que cointegran son  $r = r^* < k$ , y la hipótesis alternativa que  $r = k$ , donde  $r^* = 1, 2, \dots, k - 1$  y  $k$  es el número de variables que se consideran. Para la prueba con eigenvalores, la hipótesis nula es similar a la traza y la alternativa es  $r = r^* + 1$ .

Los modelos VAR solo se pueden utilizar en series estacionarias y que no cointegran, después de reunir estas condiciones se puede proceder a la estimación del modelo

Una vez conocido el orden de integración de las series, se debe determinar el número de rezagos óptimo. El problema con la determinación del número de rezagos es que si el orden  $p$  del modelo es muy bajo es posible que exista un problema de especificación, y si es muy alto puede tener un efecto en los errores de un procedimiento secuencial o se puede incurrir en un error estadístico del Tipo I. Para no desarrollar una serie de pruebas al escoger los rezagos óptimos en los modelos, se puede escoger este número por medio de una selección de

procedimientos. Para ello se utilizan los criterios de información de Akaike (AIC), de Hannan-Quinn (HQ) y de Schwarz (SC).

Al estimar los modelos incluyendo un diferente número de rezagos, lo que se busca es encontrar el valor que minimice los criterios de información.

Después de determinar el número de rezagos óptimo para el modelo, el siguiente paso es realizar una serie de pruebas de diagnóstico que determinen que el modelo no cuenta con problemas estadísticos que invaliden los resultados de estimación.

Uno de los problemas que deben detectarse prioritariamente con las pruebas de diagnóstico es el de la autocorrelación en los residuos. La autocorrelación en los residuales sugiere que el modelo es una pobre representación del proceso generado y que puede encontrarse alguna otra representación incluyendo variables, rezagos en el modelo, ampliar el periodo de tiempo o conseguir otros datos (Wooldridge 2010). Para la detección de autocorrelación existen diversas pruebas estadísticas, unas se enfocan en los residuales de alguna ecuación específica y otras en todo el vector de residuales. Se pueden utilizar pruebas estadísticas como la prueba LM de autocorrelación, además del correlograma.

Otra de las pruebas de diagnóstico para la verificación de los procesos VAR se refiere a la normalidad de los residuos. La prueba Jarque-Bera de no normalidad es un método que se basa en la curtosis y en la asimetría de la distribución.

Si el modelo no ha presentado problemas de normalidad en los residuos o de autocorrelación, se debe verificar la estabilidad en el tiempo. Para los modelos de vectores y con variables cointegradas, el análisis de estabilidad considera estadísticos recursivos y es importante porque permite determinar si el modelo se puede utilizar para pronosticar. A este análisis de estabilidad se le conoce como prueba de eigenvalores recursivos o de estabilidad matemática. En esta prueba se cumple la condición de estabilidad cuando las raíces que se obtienen de la matriz acompañante se encuentren dentro del círculo unitario en el gráfico de números reales e imaginarios. (Wooldridge 2010)

Si el modelo que se especificó cumple con las pruebas de diagnóstico anteriores entonces se puede utilizar para el análisis económico y de relaciones de causalidad.

#### **4.1.6. Causalidad**

El concepto de causalidad fue introducido por Granger (1969) y se define de la siguiente manera: una variable  $y_{2t}$  es causal para una variable de series de tiempo  $y_{1t}$ , si la primera ayuda a mejorar el pronóstico de la última (Gujarati 2003). Los modelos VAR son mecanismos útiles para analizar la causalidad del enlace entre las variables y para identificar qué series son realmente exógenas.

#### **4.1.7. Prueba de Wald (causalidad)**

Debido a que la prueba de causalidad de Granger requiere verificar si el valor de los coeficientes es igual a cero, se utilizan pruebas de restricción en los coeficientes de los modelos VAR. Sin embargo, puede haber propiedades asintóticas no estandarizadas cuando el VAR contiene variables estacionarias en diferencias, como sucede en los VECM. En este contexto, se utiliza la prueba de Wald para medir la causalidad de Granger como resultado de distribuciones limitadas no estandarizadas que dependen de las condiciones de cointegración en el sistema.

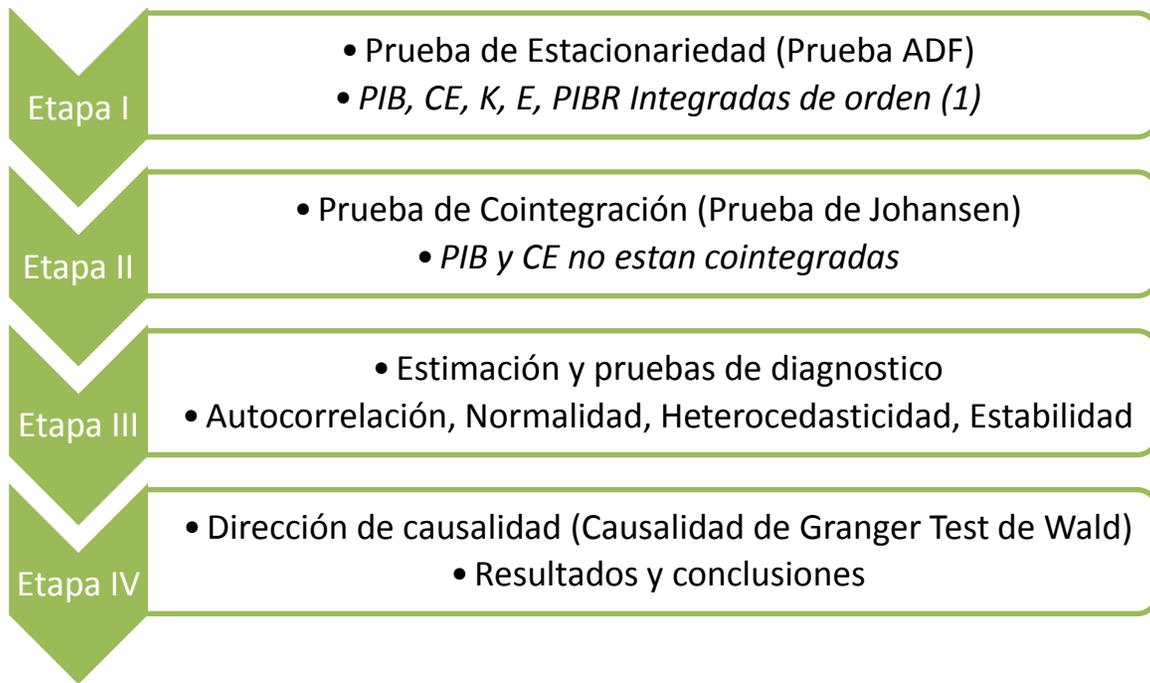
En general, la prueba de Wald se utiliza para probar el valor verdadero de un parámetro basado en el estimador de una muestra. El estadístico de prueba tiene una distribución asintótica  $\chi^2$  con J grados de libertad en la hipótesis nula.

Para resumir el proceso metodológico para la determinación de la causalidad se realizó en tres secciones o etapas de desarrollo<sup>12</sup> explicadas a continuación:

---

<sup>12</sup> Esta sección se apoya en el trabajo de (Chontanawat et al., 2008)

### Cuadro 9: Proceso Metodológico



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. Etapa I

La primera etapa consiste en la identificación de la estacionariedad<sup>13</sup> de las series y en caso de no ser estacionarias, la verificación del orden de integración<sup>14</sup> de las mismas. Para esto, se utiliza la prueba ADF Aumentada de Dickey Fuller.

Para la estimación se utilizó las siguientes series:

<sup>13</sup> Estacionariedad de la serie: Características de las series donde la media y la varianza son constantes en el tiempo y el valor de la covarianza entre dos periodos depende solamente de la distancia o rezago entre estos dos periodos de tiempo y no del tiempo en el cual se ha calculado la covarianza.

<sup>14</sup> Orden de Integración: Se refiere al número de veces que se debe diferenciar una serie de tiempo para convertirla en estacionaria.

**Cuadro 10: Descripción de las variables (periodo 1990-2018)**

<b>Variable</b>	<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Fuente</b>
PIB	Producto Interno Bruto (Real) Bolivia	Es el valor de la producción total de bienes y servicios de Bolivia	En Dólares (a precios del 2010)	Banco Mundial
CE	Consumo de electricidad	Cantidad total de Energía Eléctrica (SIN y SA) utilizada en Bolivia	GWh	Anuario Estadístico 2017, de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de la Electricidad (A.E.)
K	Formación Bruta de Capital Fijo	Es el incremento de los activos fijos en Bolivia	En Dólares	Banco Mundial
E	Población Ocupada	Es la población en edad activa que ejerce algún trabajo a cambio de una remuneración	Número de personas	Banco Mundial
PBRA	Producto Interno Bruto (Real) Brasil	Es el valor de la producción total de bienes y servicios de Brasil	En Dólares (a precios del 2010)	Banco Mundial

*Fuente: Elaboración propia*

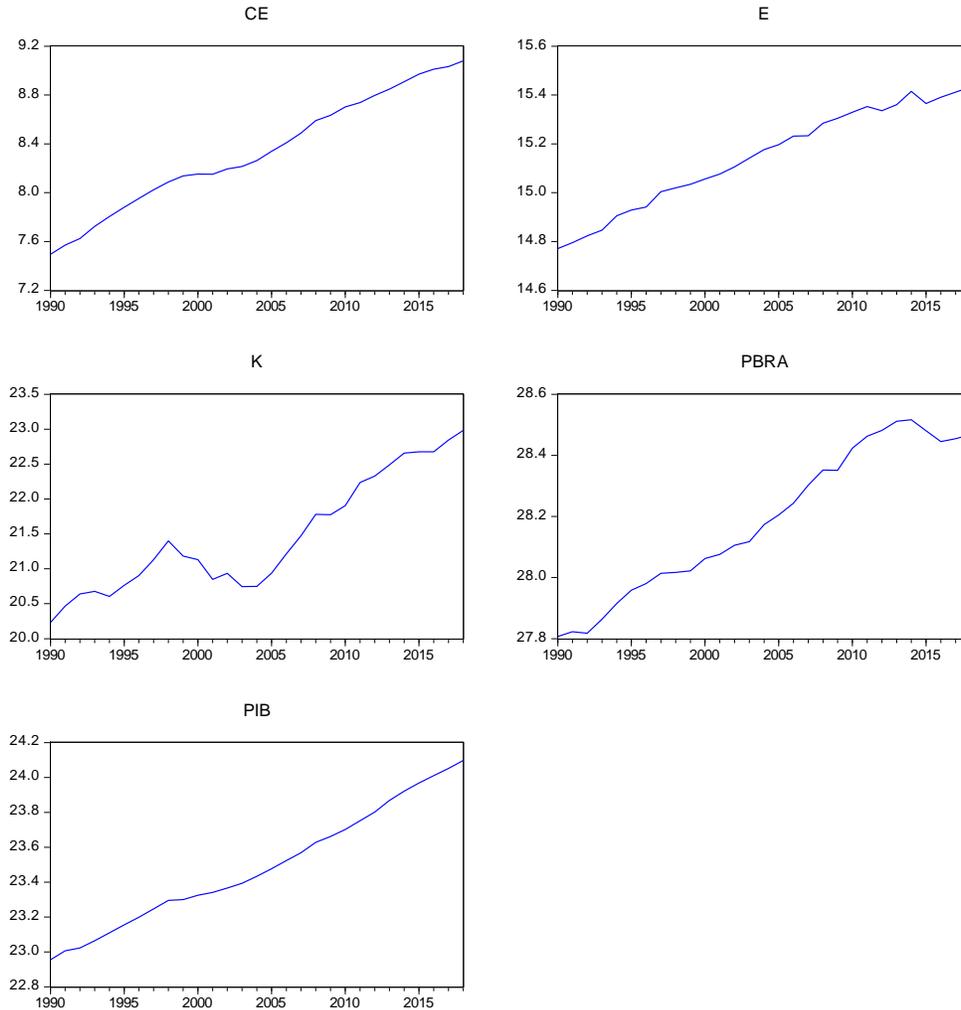
**Cuadro 11: Datos Estadísticos (Series)**

<b>Año</b>	<b>Producto Interno Bruto Real (2010) (En dólares) PIB</b>	<b>Consumo de Electricidad (GWh) CE</b>	<b>Formación Bruta de capital Fijo (En dólares) K</b>	<b>Población Económicamente activa ocupada (en hab.) E</b>	<b>Producto Interno Bruto Real(2010) de Brasil (En dólares) PIBRA</b>
<b>1990</b>	9,312,476,223	1799.9	611,294,974	2,600,949	1,192,883,828,728
<b>1991</b>	9,802,920,342	1940.7	773,921,131	2,663,098	1,210,919,483,539
<b>1992</b>	9,964,325,125	2048.7	920,833,483	2,740,246	1,205,265,540,511
<b>1993</b>	10,389,731,429	2261.4	955,648,402	2,803,962	1,261,493,214,739
<b>1994</b>	10,874,648,292	2452.3	888,303,214	2,973,865	1,328,788,222,503
<b>1995</b>	11,383,393,982	2646.7	1,043,110,639	3,045,367	1,387,477,228,553
<b>1996</b>	11,879,862,845	2841.2	1,196,560,517	3,083,105	1,418,106,281,315
<b>1997</b>	12,468,416,049	3055.0	1,503,417,201	3,281,719	1,466,251,395,672
<b>1998</b>	13,095,496,623	3251.6	1,967,455,037	3,333,334	1,471,212,547,873
<b>1999</b>	13,151,399,933	3420.9	1,582,227,651	3,383,708	1,478,113,514,366
<b>2000</b>	13,481,211,734	3470.4	1,502,174,820	3,458,070	1,538,900,699,687
<b>2001</b>	13,708,208,504	3468.4	1,133,853,547	3,527,621	1,560,181,111,439
<b>2002</b>	14,048,934,915	3620.5	1,237,180,474	3,634,066	1,607,829,299,911
<b>2003</b>	14,429,849,407	3693.7	1,023,544,496	3,764,923	1,626,156,734,971
<b>2004</b>	15,032,049,492	3876.7	1,025,363,911	3,898,887	1,719,895,102,552
<b>2005</b>	15,696,681,755	4181.7	1,240,506,069	3,979,830	1,774,870,932,268
<b>2006</b>	16,449,653,018	4488.9	1,637,233,600	4,120,486	1,845,107,843,393
<b>2007</b>	17,200,478,143	4855.7	2,117,502,260	4,127,027	1,956,927,902,720
<b>2008</b>	18,258,049,059	5378.8	2,876,098,872	4,345,406	2,056,552,321,671
<b>2009</b>	18,870,971,996	5622.5	2,857,502,564	4,432,374	2,053,965,689,829
<b>2010</b>	19,649,724,655	6017.2	3,256,400,523	4,544,118	2,208,871,646,203
<b>2011</b>	20,672,314,545	6233.5	4,544,763,793	4,652,224	2,296,901,313,455
<b>2012</b>	21,731,207,275	6613.8	4,973,493,054	4,573,953	2,341,302,893,955
<b>2013</b>	23,208,062,665	6962.0	5,843,695,080	4,688,866	2,411,783,265,632
<b>2014</b>	24,475,355,115	7391.6	6,923,276,556	4,951,336	2,424,040,195,498
<b>2015</b>	25,664,169,101	7874.5	7,052,492,041	4,708,460	2,337,992,410,594
<b>2016</b>	26,758,468,587	8201.0	7,043,755,554	4,832,128	2,256,907,026,242
<b>2017</b>	27,881,041,740	8374.0	8,334,420,277	4,932,884	2,278,936,372,567
<b>2018</b>	29,191,450,702	8779.8	9,584,995,812	5,036,898	2,308,562,545,411

*Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad y el Instituto nacional de Estadística.*

Para el presente análisis todas las series fueron tratadas en logaritmos para disminuir la varianza

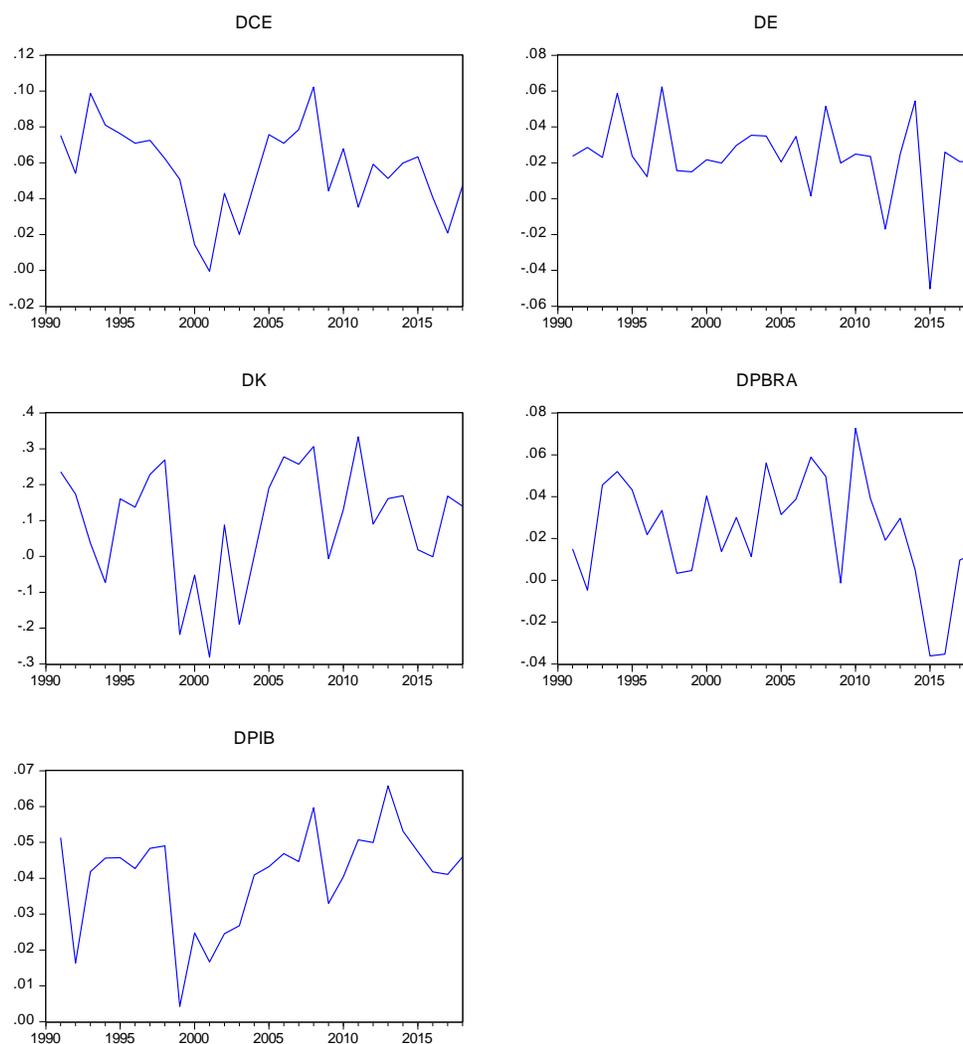
**Gráfico 19: Series en logaritmos**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Gráficamente se puede apreciar la presencia de tendencia en todas las series por lo que se procede a la diferenciación de orden (1), se presenta las series en orden (1) en la siguiente gráfica:

**Gráfico 20: Series en primera diferencia**



**Fuente: Elaboración propia**

Para saber si las series son estacionarias se aplica una prueba de raíz unitaria a través del test de Dicker Fuller y Phillip Perron cuya hipótesis nula es la existencia de raíz unitaria (proceso no estacionario)  $H_0: Existe Raiz Unitaria$ , los resultados de aplicar el test a todas las series se resume en el siguiente cuadro:

**Cuadro 12: Prueba de Raíz Unitaria ADF y PP**

Variable	tipo de prueba	Estadístico ADF	Prob. ADF	Estadístico PP	Prob. PP	Orden de Integración
PIB	C y T	-1.117222	0.9072	-0.881424	0.9443	I(1)
dPIB	C	-3.464152	0.0172	-3.540092	0.0145	I(0)
CE	C y T	-0.907223	0.7702	-2.154784	0.4948	I(1)
dCE	C	-3.039136	0.0438	-3.052597	0.0426	I(0)
K	C y T	-1.142852	0.9030	-1.463003	0.8183	I(1)
dK	N	-3.2254	0.0023	-3.212713	0.0024	I(0)
E	C y T	-1.599364	0.7674	-1.26588	0.8757	I(1)
dE	C	-6.893181	0.0000	-7.046158	0.0000	I(0)
PBRA	C y T	-2.417236	0.3625	-1.012791	0.926	I(1)
dPBRA	N	-2.399937	0.0184	-2.272309	0.0248	I(0)

Fuente: Elaboración propia

Tipos de pruebas: C= Intercepto, C y T= Constante y Tendencia determinista; N= Ninguno; (d) indica la primera diferencia de la variable en cuestión.

Hipótesis nula prueba ADF: raíz unitaria; hipótesis nula prueba PP: raíz unitaria

Valores críticos a 1% y 5% por tipo de prueba: -3.69 y -2.97 (C); -3.69 y -2.97 (C y T); -2.65 y -1.95 (N), respectivamente.

Los resultados de las pruebas indican que todas las variables son integradas de orden uno a 5% de significancia.

### 4.3. Etapa II

En el cuadro 13 se muestran los resultados de la prueba de cointegración de Johansen. La prueba se realizó con el VAR en niveles sin incluir variables exógenas. Para determinar la cantidad de rezagos se tomaron en cuenta los criterios de información AIC, SC y HQ, y se evaluó el número de rezagos para que el modelo no tuviera problemas de autocorrelación, de estabilidad, ni de heterocedasticidad, de modo que el resultado de la prueba no fuera invalidado (para ver los resultados de la regresión y diagnóstico ver Anexo).

Para la prueba de Johansen se utiliza la hipótesis nula  
 $H_0$ : No hay correlación entre CE y PIB

**Cuadro 13: Prueba de Cointegración de Johansen CE y PIB**

**Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)**

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None	0.196365	5.263947	15.49471	0.7802
At most 1	0.000721	0.017313	3.841466	0.8952

Trace test indicates no cointegration at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

**Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)**

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None	0.196365	5.246634	14.26460	0.7104
At most 1	0.000721	0.017313	3.841466	0.8952

Max-eigenvalue test indicates no cointegration at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

**Fuente:** *Elaboración propia, se consideran 4 rezagos en la estimación*

Tanto la prueba de la traza como la de eigenvalores, (0.7802; 0.7104 respectivamente son mayores a 0.05) muestran que no se rechaza la hipótesis nula de no cointegración entre el consumo de electricidad y el producto interno bruto.

#### **4.3.1. Estimación a partir de un VAR en diferencias**

Debido a que no existe una relación de cointegración entre las variables endógenas, se puede utilizar un VAR en diferencias. El modelo busca encontrar la relación existente entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico de Bolivia. El modelo que se propone incluye al Producto Interno Bruto de Bolivia y el Consumo de Electricidad como variables endógenas, y como variables exógenas a la formación bruta de capital fijo, la población ocupada, y un indicador que refleje el desempeño de la economía de Brasil, como el producto interno bruto de ese país.

El modelo en su representación VAR se ilustra de la siguiente manera:

$$y_t = \Pi_0 + \Pi_1 y_{t-1} + \Pi_2 y_{t-2} + \dots + \Pi_p y_{t-p} + \Omega_1 X_{1t} + \Omega_2 X_{2t} + \Omega_3 X_{3t} + \Omega_4 X_{4t} + \varepsilon_t$$

donde  $y_t$  es un vector (2x1) de las variables endógenas,  $X_m$  es un vector (3x1) de variables exógenas con  $m = 1, \dots, 3$ ,  $\Pi_0$  es un vector (2x1) de términos constantes,  $\Pi_j$  es una matriz (2xn) de coeficientes autorregresivos con  $j = 1, 2, \dots, p$  y  $p$  es el número de rezagos,  $\Omega_i$  es una matriz (2x4) de coeficientes de variables exógenas, y  $\varepsilon_t$  es un vector (2x1) de error9999999es. En su forma expandida:

$$\begin{bmatrix} PIB \\ CE \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Pi_0^{PIB} \\ \Pi_0^{CE} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Pi_{11} & \Pi_{12} & \dots & \Pi_{1p} \\ \Pi_{21} & \Pi_{22} & \dots & \Pi_{2p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ y_{t-2} \\ \dots \\ y_{t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Omega_{11} & \Omega_{12} & \Omega_{13} \\ \Omega_{21} & \Omega_{22} & \Omega_{13} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K \\ E \\ PBRA \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{PIB} \\ \varepsilon_t^{CE} \end{bmatrix}$$

Donde CE es el consumo de electricidad total, PIB es el producto interno bruto de Bolivia, K es la formación fija de capital bruto, PBRA es el producto interno bruto de Brasil, E es la población ocupada.

La selección de la cantidad de rezagos en el modelo toma en cuenta los criterios de información, dando prioridad a rezagos acordes al tamaño de la muestra de frecuencia anual, y que pase las pruebas de diagnóstico y de estabilidad matemática. Una vez realizadas todas las estimaciones, se selecciona el modelo que haya pasado las pruebas mencionadas anteriormente y que justifique la inclusión de las variables exógenas en esa estimación (coeficientes significativos e incremento de la  $R^2$  ajustada). La prueba de causalidad de Granger (prueba de Wald), las funciones de impulso respuesta, la descomposición de la varianza y las interpretaciones generales proceden de este modelo.

Después de conocer el orden de cointegración de las series, se debe determinar el número de rezagos óptimo. El problema con la determinación del número de rezagos es que si el orden  $p$  del modelo es muy bajo es posible que exista un problema de especificación, y si es muy alto puede tener un efecto en los errores de un procedimiento secuencial o se puede incurrir en un error estadístico del Tipo I. Para no desarrollar una serie de pruebas al escoger los rezagos óptimos en los modelos, se puede escoger este número por medio de una selección de

procedimientos. Para ello se utilizan los criterios de información de Akaike (AIC), de Hannan-Quinn (HQ) y de Schwarz (SC):

Se selecciona el modelo con 4 rezagos con constante y con las variable exógenas K (Formacion Bruta de Capital), E (población ocupada) y PBRA (Producto Interno de Brasil) tomando en cuenta criterios como la bondad de ajuste  $R^2$ , significancia de coeficientes y pruebas de diagnóstico, de modo que se presentan los resultados de la regresión:

**Cuadro 14: Resultados de la Estimación del VAR (4)**

Vector Autoregression Estimates  
Date: 06/01/19 Time: 23:15  
Sample (adjusted): 1995 2018  
Included observations: 24 after adjustments  
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

	DCE	DPIB
DCE(-1)	-0.121674 (0.23066) [-0.52750]	-0.065154 (0.15474) [-0.42105]
DCE(-2)	0.349440 (0.25024) [ 1.39644]	-0.084264 (0.16787) [-0.50195]
DCE(-3)	0.159756 (0.18630) [ 0.85751]	-0.111868 (0.12498) [-0.89507]
DCE(-4)	-0.147497 (0.18375) [-0.80269]	0.051293 (0.12327) [ 0.41610]
DPIB(-1)	0.650288 (0.36036) [ 1.80455]	0.256918 (0.24175) [ 1.06275]
DPIB(-2)	0.457031 (0.33296) [ 1.37262]	0.153810 (0.22337) [ 0.68859]
DPIB(-3)	-0.816273 (0.30510) [-2.67547]	0.192199 (0.20467) [ 0.93905]
DPIB(-4)	-0.438921 (0.37314) [-1.17630]	-0.108794 (0.25032) [-0.43462]

C	0.038015 (0.02301) [ 1.65230]	0.026420 (0.01543) [ 1.71173]
DE	0.061462 (0.16657) [ 0.36898]	0.045852 (0.11174) [0.41032]
DK	0.054657 (0.03028) [ 1.80496]	0.063206 (0.02031) [ 3.11135]
DPBRA	-0.043068 (0.23267) [-0.18510]	0.051030 (0.15609) [ 0.32693]
R-squared	0.812038	0.746418
Adj. R-squared	0.639740	0.513969
Sum sq. resids	0.002416	0.001087
S.E. equation	0.014190	0.009519
F-statistic	4.712979	3.211095
Log likelihood	76.38888	85.96975
Akaike AIC	-5.365740	-6.164146
Schwarz SC	-4.776713	-5.575119
Mean dependent	0.053143	0.041143
S.D. dependent	0.023641	0.013654
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.82E-08
Determinant resid covariance		4.54E-09
Log likelihood		162.4064
Akaike information criterion		-11.53386
Schwarz criterion		-10.35581

**Fuente: Elaboración propia**

En ambas ecuaciones de este escenario, el coeficiente del capital indica que la tasa de crecimiento del PIB y del consumo de electricidad responde positivamente al aumento en la tasa de crecimiento de la formación de capital, y a la población ocupada. Este resultado es consistente con lo encontrado en otros estudios como el de (Muhammad Arshad Khan 2004), Cheng (1999), y Gardner & Joutz (1996).

En su forma lineal la regresión tiene la forma:

$$\begin{aligned} \text{DCE} = & -0.121673793348 \cdot \text{DCE}(-1) + 0.349440385195 \cdot \text{DCE}(-2) + 0.159755849299 \cdot \text{DCE}(-3) - \\ & 0.147496751031 \cdot \text{DCE}(-4) + 0.650287720069 \cdot \text{DPIB}(-1) + 0.457031032829 \cdot \text{DPIB}(-2) - \\ & 0.816273316823 \cdot \text{DPIB}(-3) - 0.438921362222 \cdot \text{DPIB}(-4) + 0.0380146653786 + 0.0614619400899 \cdot \text{DE} + \\ & 0.0546573143871 \cdot \text{DK} - 0.0430675606454 \cdot \text{DPBRA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DPIB} = & -0.0651537962647 \cdot \text{DCE}(-1) - 0.0842640559114 \cdot \text{DCE}(-2) - 0.111868026071 \cdot \text{DCE}(-3) + \\ & 0.0512928352692 \cdot \text{DCE}(-4) + 0.25691786368 \cdot \text{DPIB}(-1) + 0.153810201344 \cdot \text{DPIB}(-2) + \\ & 0.192199260351 \cdot \text{DPIB}(-3) - 0.108794307656 \cdot \text{DPIB}(-4) + 0.0264197029429 - 0.0458515010832 \cdot \text{DE} + \\ & 0.0632058099154 \cdot \text{DK} + 0.0510298838256 \cdot \text{DPBRA} \end{aligned}$$

### 4.3.2. Interpretación de los resultados

La interpretación de los resultados, es coherente dentro de la muestra obtenida y la respectiva inferencia es aplicable debido a su consistencia del modelo.

Los contrastes individuales son significativos para los coeficientes de K mientras que los coeficientes autoregresivos muestran coeficientes muy reducidos que sin embargo ayudan a la regresión de acuerdo a los criterios antes expuestos, pese a un bajo contraste de significación la  $R^2$  es elevada.

A ello, de acuerdo al objeto de estudio, ante un incremento de 1% en el factor capital, el PIB se incrementa en el valor del 0,006%, y el consumo de electricidad en 0,005%. Mientras que ante un incremento del 1% en el factor trabajo, el PIB crece 0,004%, y el consumo de electricidad se incrementa 0,006%.

Dado que los coeficientes de los vectores autoregresivos por ser recursivos no aportan mayores interpretaciones, el siguiente paso es validar el modelo mediante las pruebas de diagnóstico, que nos permitan efectuar la posterior prueba de causalidad en el sentido de Granger para conocer el efecto de políticas conservacionistas de energía y su posible impacto en la economía nacional representada en el Producto interno Bruto.

### 4.3.3. Autocorrelación

Para detectar la presencia de autocorrelación en los residuos (es decir la ausencia de Ruido blanco) se puede hacer una prueba formal a través de la prueba LM donde la hipótesis nula es  $H_0$ : *No hay presencia de autocorrelación en los residuos* cuyos resultados se muestran a continuación:

#### Cuadro 15: Prueba de Autocorrelación LM

VAR Residual Serial Correlation LM Tests  
Null Hypothesis: no serial correlation at lag order h  
Date: 06/01/19 Time: 23:23  
Sample: 1990 2018  
Included observations: 24

---

---

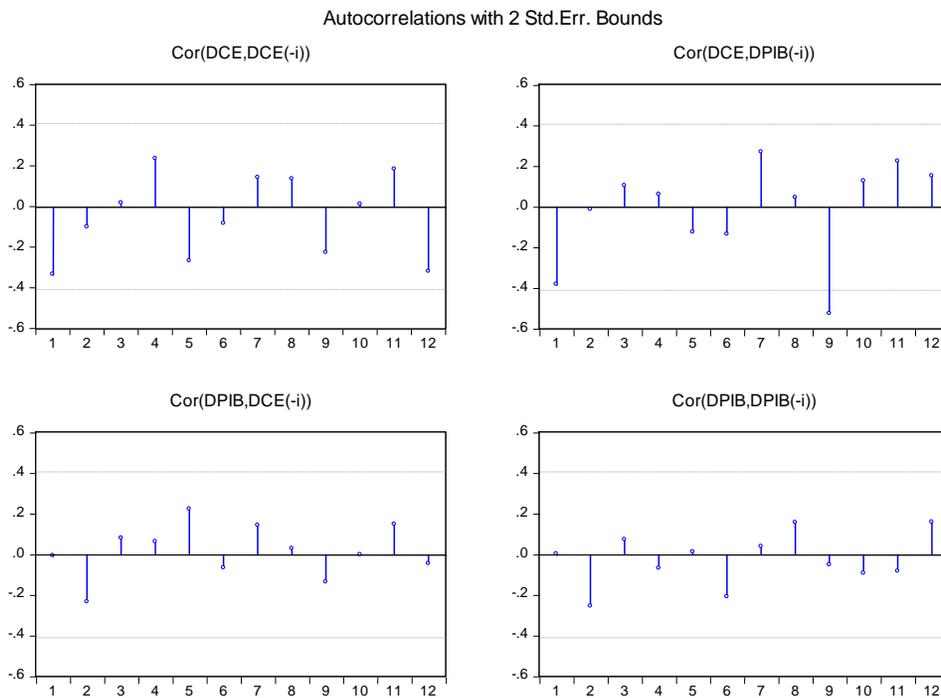
Lags	LM-Stat	Prob
1	6.180414	0.1861
2	3.245735	0.5176
3	0.467540	0.9766
4	2.568306	0.6324
5	4.619036	0.3287
6	1.659556	0.7981
7	2.876233	0.5787
8	1.206503	0.8770
9	9.942289	0.0414
10	0.803610	0.9380

Probs from chi-square with 4 df.

**Fuente: Elaboración propia**

También es posible observar el correlograma de los residuos:

**Gráfico 21: Correlograma de los residuos**



**Fuente: Elaboración propia**

En ambos casos no se rechaza la hipótesis nula de no Autocorrelación (Ruido Blanco) dado que no se evidencia presencia seria de Autocorrelación al 5% de significancia.

#### 4.3.4. Test de Normalidad de los Residuos (Test de Jarque-Bera)

Esta prueba permite detectar la existencia o ausencia de la normalidad de los residuos del modelo econométrico. La  $H_0$  es que los residuos del modelo se distribuyen normalmente. Si la probabilidad asociada al estadístico es mayor al 5%, entonces no se puede rechazar la *H<sub>0</sub> de normalidad de los residuos*.

**Cuadro 16: Prueba de Normalidad Jarque Bera**

VAR Residual Normality Tests  
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)  
 Null Hypothesis: residuals are multivariate normal  
 Date: 06/01/19 Time: 23:25  
 Sample: 1990 2018  
 Included observations: 24

---

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	0.437558	0.765828	1	0.3815
2	-0.138948	0.077226	1	0.7811
Joint		0.843054	2	0.6560

---

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	4.532285	2.347896	1	0.1255
2	3.950547	0.903539	1	0.3418
Joint		3.251435	2	0.1968

---

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	3.113724	2	0.2108
2	0.980765	2	0.6124
Joint	4.094490	4	0.3934

---

**Fuente: Elaboración propia**

Conforme a los resultados de la prueba, ambos componentes del modelo tienen errores distribuidos de manera normal, y de manera conjunta ya que el estadístico Jarque Bera es estadísticamente pequeño, que asociado una probabilidad de 0.3934 se concluye que no se rechaza la hipótesis nula de residuos distribuidos de manera normal al 5% de significancia.

### 4.3.5. Heterocedasticidad

Un supuesto importante de los modelo de regresión es que las perturbaciones  $u_t$  que aparecen en la función de regresión son homoscedásticas; es decir, que todas tienen la misma varianza (Gujarati 2003). Para ello se hace la prueba de Heterocedasticidad con la Hipótesis nula  $H_0: los\ residuos\ son\ homoscedasticos$

**Cuadro 17: Prueba de Heteroscedasticidad**

VAR Residual Heteroskedasticity Tests: No Cross Terms (only levels and squares)  
Date: 06/01/19 Time: 23:27  
Sample: 1990 2018  
Included observations: 24

---

---

Joint test:

---

Chi-sq	df	Prob.
69.26774	66	0.3678

---

Individual components:

---

Dependent	R-squared	F(22,1)	Prob.	Chi-sq(22)	Prob.
res1*res1	0.996584	13.26152	0.2138	23.91802	0.3515
res2*res2	0.940636	0.720243	0.7487	22.57527	0.4260
res2*res1	0.949885	0.861548	0.7070	22.79724	0.4133

---

---

**Fuente: Elaboración propia**

Dado que la probabilidad de 0.3678 es mayor a la del 5% de significancia no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los residuos mantienen la misma varianza a través del tiempo, es decir que son homoscedásticos

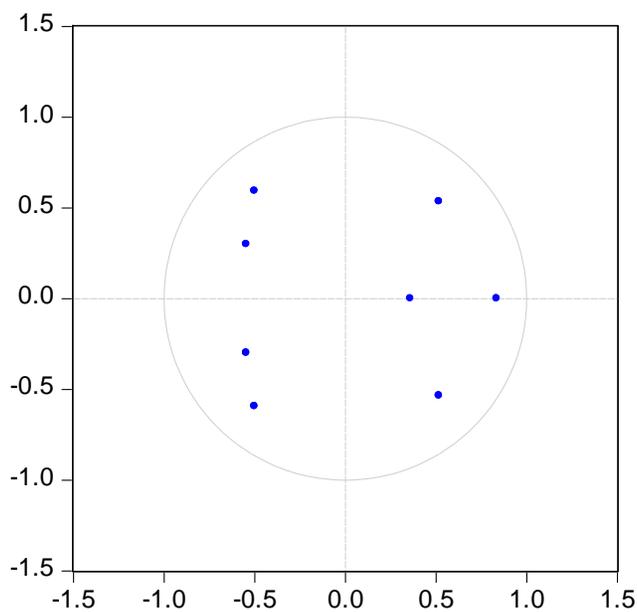
### 4.3.6. Estabilidad

Por último Para los modelos de vectores, el análisis de estabilidad considera estadísticos recursivos y es importante porque permite determinar si el modelo se puede utilizar para pronosticar. A este análisis de estabilidad se le conoce como prueba de eigenvalores recursivos o de estabilidad matemática. En esta prueba se cumple la condición de estabilidad cuando las raíces que se obtienen de la matriz

acompañante se encuentren dentro del círculo unitario en el gráfico de números reales e imaginarios. Como se puede observar en la siguiente gráfica:

**Gráfico 22: Prueba de Estabilidad**

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro 18: Valores de las raíces del polinomio característico**

Roots of Characteristic Polynomial  
 Endogenous variables: DCE DPIB  
 Exogenous variables: C DE DK DPBRA  
 Lag specification: 1 4  
 Date: 06/01/19 Time: 23:26

Root	Modulus
0.835755	0.835755
-0.500575 - 0.592568i	0.775701
-0.500575 + 0.592568i	0.775701
0.516508 - 0.534943i	0.743602
0.516508 + 0.534943i	0.743602
-0.545346 - 0.299347i	0.622102
-0.545346 + 0.299347i	0.622102
0.358317	0.358317

No root lies outside the unit circle.  
 VAR satisfies the stability condition.

*Fuente: Elaboración propia*

En el cuadro 19 podemos evaluar que ninguno de los valores de la raíces exceden el círculo unitario, por lo que el modelo satisface la condición de estabilidad. Y puede utilizarse para la última etapa de análisis de causalidad de Granger.

#### 4.4. Etapa IV

##### 4.4.1. Causalidad de Granger

Una vez que el modelo ha sido validado por la pruebas de diagnóstico, es apto para realizar la prueba de causalidad de Granger; en los modelos VAR y VEC, la causalidad de Granger se mide con la prueba de Wald, la cual evalúa si los coeficientes de las variables endógenas rezagadas son diferentes de cero. En otras palabras, el consumo de electricidad causa en sentido de Granger al PIB si los rezagos de la primera ayudan en el pronóstico de la segunda, y viceversa.

**Cuadro 19: Prueba de Causalidad**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 06/01/19 Time: 23:30

Sample: 1990 2018

Included observations: 24

Dependent variable: DCE

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
DPIB	13.03181	4	0.0111
All	13.03181	4	0.0111

Dependent variable: DPIB

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
DCE	2.380326	4	0.6662
All	2.380326	4	0.6662

*Fuente: Elaboración propia*

Siendo en este caso la primera hipótesis nula  $H_0$ : *la variable CE no causa a PIB* , y la segunda  $H_0$ : *la variable PIB no causa a PIB* respectivamente<sup>15</sup>.

El cuadro 19 muestra que solo se rechaza la hipótesis nula de que el PIB no causa en sentido de Granger al consumo de electricidad. Es decir, existe una causalidad unidireccional que va del PIB al consumo de electricidad.

Como se pudo ver en el cuadro 14 los coeficientes en las ecuaciones sugieren que PIB es posiblemente exógena (y no endógena) y por ello se encuentra significancia estadística menor en los coeficientes. Por otra parte, en la ecuación del CE se observan coeficientes significativos del PIB, indicando la existencia de una posible relación de causalidad.

De acuerdo a lo resultados del análisis de causalidad de Granger el crecimiento del PIB precede al crecimiento de consumo de energía eléctrica que va en contraposición con estudios como el de (Nieto y Robledo 2012), este escenario podría verse explicado por la importante ampliación de la inversión pública que se viene dando en la economía nacional de los últimos años, a través la implementación de mayor infraestructura que requiere mayor consumo de energía eléctrica.

Otro contexto no menos relevante la ampliación de cobertura del servicio de electricidad en el territorio nacional que significa mayor oportunidad de desarrollo a la población existente en cada región beneficiada, permitiendo la implementación a su vez de mayor infraestructura tanto residencial, comercial y de alumbrado público a regiones que no contaban con este servicio básico (véase gráfico 13)

Este resultado implica que no existe un efecto negativo en el producto si se llegase a implementar una política conservadora de consumo de energía eléctrica ya que los cambios en el Producto Interno Bruto preceden a los cambios en el consumo de energía eléctrica y no en viceversa.

---

<sup>15</sup> Causa en el sentido de Granger

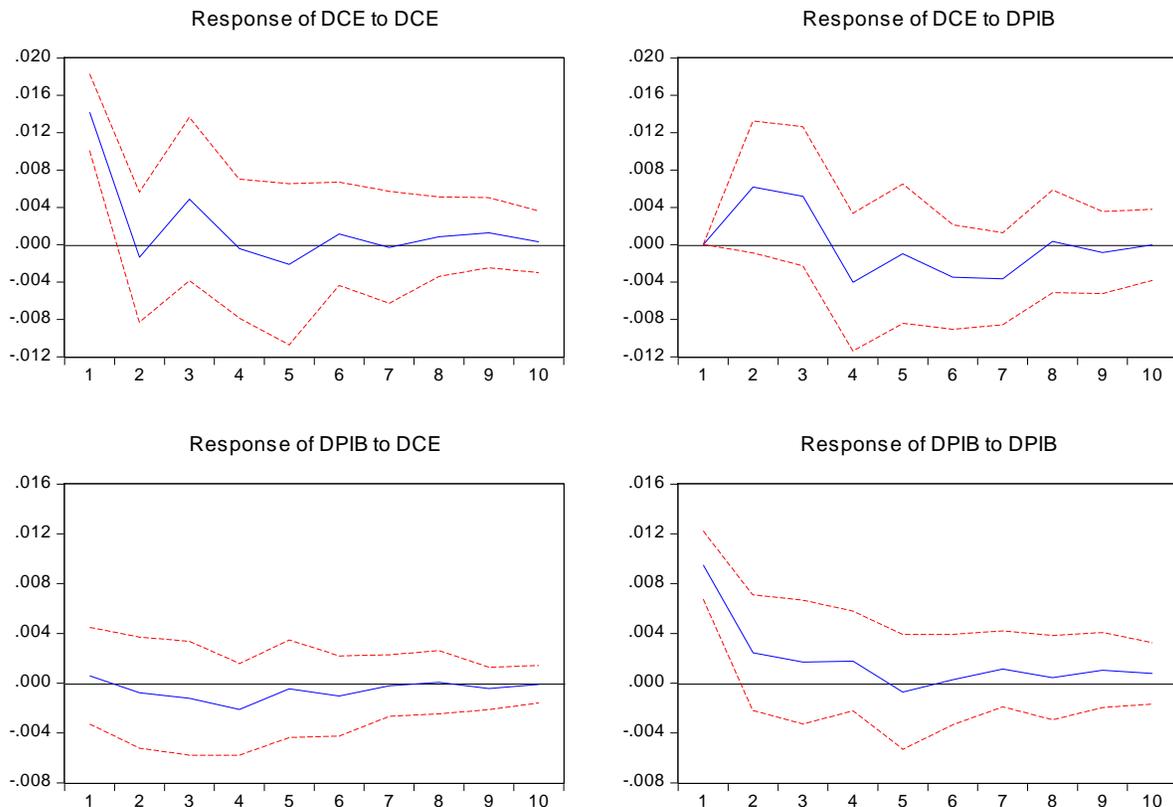
No puede pasar inadvertido el hecho de que la mayor parte del consumo de energía se dirige al consumo residencial por encima del consumo industrial, lo que nos muestra que la mayor parte del empleo de electricidad no se dirige directamente a la producción.

#### 4.4.2. Funciones de Impulso respuesta

Se utilizan las funciones de impulso respuesta para identificar el efecto que un shock en el término de error tiene sobre las variables endógenas del modelo VAR. En el gráfico 23 se presentan las respuestas del consumo de electricidad y del PIB ante un shock de una desviación estándar en los residuales, considerando un periodo de 10 años hacia el futuro.

**Gráfico 23: Funciones de Impulso-Respuesta**

Response to Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.



**Fuente:** *Elaboración propia*

En los cuadros superiores se muestra la respuesta del consumo de electricidad ante shocks en las variables endógenas. El cuadro superior izquierdo señala que un shock en el CE tiene un fuerte efecto negativo en el consumo de electricidad, que después del segundo periodo en adelante va tendiendo a cero. El cuadro superior derecho evidencia un efecto positivo en los primeros periodos por un shock en el PIB, pero a partir del cuarto se vuelve negativo, y volviéndose neutro en el décimo periodo. Por último, la respuesta del PIB ante shocks en las variables endógenas se analiza en los cuadros inferiores, el cuadro inferior izquierdo evidencia la respuesta del shock en el consumo de electricidad, la cual relativamente negativa en los primeros periodos pero se vuelve cercana a cero a partir del séptimo periodo el cuadro inferior derecho muestra que el efecto de un shock en el PIB es negativo hasta el quinto periodo, después se vuelve positivo tendiendo a cero hasta el último periodo.

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

A través del presente estudio resulta innegable que los datos muestran una estrecha relación entre el crecimiento del PIB en Bolivia y el consumo de electricidad en el periodo 1990-2018. Las modernizaciones e inversiones en el sector energético que han ocurrido en este periodo de tiempo han servido para vincular el uso de la energía como motor de la actividad económica. Esto ha despertado el interés por conocer el papel que tendrán las políticas energéticas en el crecimiento económico futuro del país.

Dado lo anterior, en esta investigación se estudió la relación existente entre el sector eléctrico y el crecimiento económico de Bolivia, con el propósito de obtener un mayor conocimiento sobre la importancia relativa de la electricidad y los posibles efectos que las reformas del sector energético pueden tener en la producción del país. De acuerdo a los resultados del análisis econométrico utilizando series de tiempo aceptamos nuestra hipótesis de trabajo determinando que existe una relación de causalidad que va desde el Producto Interno Bruto hacia el consumo de energía eléctrica.

Esta dirección en la relación entre las variables estudiadas concuerda con las investigaciones en algunos países como Arabia Saudita, Bangladesh, Filipinas, Corea del Sur, India Pakistán; por mencionar algunos para más detalles Ver Anexos.

Como se mencionó anteriormente este resultado es contrario a los resultados de otros estudios como (Nieto y Robledo 2012), dicha diferencia puede ser explicada por la fuerte inversión pública que ha desarrollado el estado en los últimos años incrementando la infraestructura presente en el país, esta diversificación de la economía a factores de producción como en la adquisición de bienes de capital, construcción de edificaciones industriales y comerciales, construcción de carreteras, adquisición de equipos de transporte, maquinaria, equipos de producción e insumos intermedios para la industria privada y pública, y no solo ligado el crecimiento económico al consumo de energía (eléctrica).

Los resultados dan a entender que una posible política de conservación energética orientadas a disminuir la demanda de energía eléctrica no influiría de manera significativa sobre el crecimiento económico en el corto plazo sin embargo en el largo plazo se requeriría un nuevo estudio, debido a que el uso de la energía moderna es un requisito previo para el progreso económico, social y tecnológico. Además de afirmar que la variable CE no es relevante para el cálculo de crecimiento económico puesto que es la variable PIB que precede a la variable CE y no al revés. Por otra parte, el periodo de estudio reducido 1990-2018, es significativo para mostrar su comportamiento en el corto plazo y una estimación de crecimiento para el largo plazo.

A su vez también cabe mencionar la inclusión de mayor porcentaje de la población al servicio del servicio eléctrico que en el año 2017 alcanzo el 93% del total de la población<sup>16</sup>, que genera nuevos consumidores y de esta manera influye en el consumo total de energía eléctrica. Esto de acuerdo a los datos vistos anteriormente en el gráfico 11 donde muestra que la mayor parte del consumo eléctrico reside en el sector residencial, seguido del industrial y el comercial.

Dados estos puntos podemos advertir un que una vez se expande los ingresos nacionales es posible una mayor inversión en infraestructura que expande el consumo de energía eléctrica.

La evidencia también parece sugerir que a medida que la eficiencia energética aumenta, la relación entre PIB y Consumo de Energía Eléctrica se debilita. Sin embargo, aún no hay un consenso sobre esta conclusión en la literatura de la economía de la energía.

No resulta redundante mencionar las limitaciones del presente trabajo en cuanto a frecuencia de los datos y periodos de tiempo estudiado que refleje de mejor manera el comportamiento cíclico de la economía nacional.

---

<sup>16</sup> Datos del Banco Mundial

## 5.2. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se hace recomendaciones para la toma de decisiones flexibles en el consumo de la energía eléctrica:

1. Se ha demostrado que el consumo de energía en Bolivia es sensible ante cambios de la producción de forma relativa, lo que significa de que las políticas conservacionistas (reducir) de consumo de energía eléctrica no tendría efectos negativos en el corto plazo.
2. Se debe realizar una mayor inversión en la formación bruta de capital y su respectiva renovación de las misma, esto por la pérdida paulatina de su eficiencia a medida que su ciclo de vida termina.
3. Las políticas públicas de producción y consumo de energía debe estar orientado a la diversificación de la misma e inducir a que los sectores con consumo intensivo de energía eléctrica deban realizar ajustes estructurales al modo de producción.
4. Se debe realizar una mayor política de incursión del factor trabajo en sectores productivos y no así en sectores administrativos como el sector público.
5. De acuerdo al sostenido incremento del PIB resulta positiva la política de mayor inversión en Infraestructura de Generación de Energía Eléctrica (Hidroeléctricas Plantas Fotovoltaicas, Geotérmicas) para convertir al país en uno de los mayores exportadores de energía eléctrica en la región.
5. Se recomienda mayores estudios que tomen en cuenta los últimos años de la economía que exploren nuevas variables como el acceso a la electricidad, la eficiencia energética, producción industrial y nuevas formas de generación de energía renovable.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alam, Mohammad Jahangir, y Guido Van Huylenbroeck. «Energy Consumption, CO2 Emissions and the Economic Growth Nexus in Bangladesh: Cointegration and Dynamic Causality Analysis .» *Department of Agricultural Economics, Ghent University*, 2011.
- Arreola, Bolívar Uan Marroquín, y Humberto Ríos. «Crecimiento económico, precios y consumo de energía en México.» *Ensayos Revista de Economía*, Vol.36, 2017: 59-78.
- Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad. *Anuario estadístico 2017*. La Paz: Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad, s.f.
- Cassondra Bruce, y Amarendra Sharma. «The Relationship Between Energy And U.S. GDP: A Multivariate Vector Error- Correction Model.» *The Journal of Energy and Development*, Vol. 38, 2013: 18.
- Chontawat, Hunt y Pierse. *Causality between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OCDE and 78 Non-OCDE Countries*. London, 2006.
- Comite Nacional de Despacho de Carga. «Proyección de la demanda de Largo Plazo SIN 2011-2022.» 2011.
- Cypher, James M., y James L. Dietz. *The Process of Economic Development* . New York: Routledge, 2014.
- Gómez, Enrique. «Evaluación Rápida del Sector Energía en Bolivia.» La Paz, 2010.
- Gómez, Loaiza Mario Aguirre & Julieta Castro. «Crecimiento económico, consumo de energía eléctrica y comercio. Un análisis de causalidad para México 1968-2013.» *Memoria del XI Congreso de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 2017.
- Gujarati, Damodar. *Econometría*. México: Mc GrawHill, 2003.
- Hlalefang Khobai, Sanderson Abel , Pierre Le Roux. «Co-integration between Electricity Supply and Economic Growth in South Africa.» *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2016: 637-645.
- Karagol, Galip Altinay & Erdal. «Electricity consumption and economic growth: Evidence from Turkey.» *Energy Economics*, 2005 .
- Kraft, J. & Kraft, G. *On the relationship between energy and GNP*. *Journal of Energy Development*. 1978.
- Mankiw, N. Gregory. *Macroeconomía 6a edición*. España: Antoni Bosch, 2006.

- Masduzzaman, Mahedi. «Electricity Consumption and Economic Growth in Bangladesh: Co-Integration and Causality Analysis.» *Global Journal of Management and Business Research* Volume 12, 2012.
- Ministerio de Hidrocarburos y Energía. «Plan de Desarrollo Energético 2008-2027.» 2009.
- Ministerio de Hidrocarburos y Energía. «Plan para el Desarrollo de Energías Alternativas 2025.» 2014.
- Muhammad Arshad Khan, Abdul Qayyum. «Dynamic Modelling of Energy and Growth in South Asia.» *The Pakistan Development Review* (The Pakistan Development Review ), 2004.
- Nieto, Carlos A. Barreto, y Jacobo Campo Robledo. *Relación a largo plazo entre consumo de energía y PIB en América Latina: Una evaluación empírica con datos de panel*. Medellín Colombia, 2012.
- Ogundipe, Adeyemi A. «Electricity Consumption and Economic Growth in Nigeria .» *Journal of Business Management and Applied Economics* Vol. II, 2013.
- OLADE. «Informe de Estadísticas Energéticas .» 2016.
- Omri, Anis. *An International Literature survey on Energy- Economic growth nexus: Evidence from country-specific studies*. 2014.
- Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025*. La Paz: Ministerio de Hidrocarburos y Energía, 2014.
- Publicas, Ministerio de Economía y Finanzas. *Memoria de la Economía Boliviana* . 2017.
- Sarwat Razzaqi, Saadia Sherbaz. *Dynamic Relationship Between Energy And Economic Growth: Evidence From D8 Countries*. 2010.
- Shahateet, Mohammed Issa. «Modeling Economic Growth and Energy Consumption in Arab Countries: Cointegration and Causality Analysis.» *International Journal of Energy Economics and Policy* Vol. 4, 2014: pp.349-359.
- Siddiqui, Rehana. *Energy and Economic Growth in Pakistán*. The Pakistan Development Review, 2004.
- Smith, Adam. *Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones* . 2006.
- Stern, David I. *The role of Energy in Economic Growth*. Sydney, 2010.
- Tariq, Gulzara, y Muhammad Haris & Hafiz Mustansar Javaid. «Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Four Developing Countries.» *American Journal Of Multidisciplinary Research* , 2018 .

Vargas, Galindo Andrea Paola. *La relación entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico empleando un modelo trivariado para Chile*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2014.

Wolde-Rufael, Yemane. «Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries.» *El Sevier*, 2006.

Wooldridge, Jeffrey M. *Introducción a la Econometría Un Enfoque Moderno 4a edición*. Ciudad de México: Cengage Learning, 2010.

Zamarripa, Villa Nayib René. *Tesis "Consumo de Electricidad y Crecimiento Económico en México: Análisis de Series de Tiempo y Prospectiva"*. Tijuana B.C.: El Colegio de la Frontera Norte, 2016.

# ANEXOS

**Cuadro 20: Resultados de estudios sobre la relación de causalidad entre el PIB y el Consumo Eléctrico**

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>País de Estudio</b>	<b>CE → Y</b>	<b>Y → CE</b>	<b>CE ↔ Y</b>	<b>CE ←/→ Y</b>
Medlock & Soligo	(2004)	28 países (varios niveles de desarrollo)	√			
Chontanawat, et al.	(2006)	30 países de la OECD y 70 países no de la OECD			√	
Lee	(2006)	Alemania, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, Reino Unido, Suecia y Suiza.	√		√	√
Soytas & Sari	(2003)	Alemania, Francia y Japón	√			
Mehrara	(2007)	Arabia Saudita, Irán, Kuwait		√		
Mozumder & Marathe	(2007)	Bangladesh		√		
Razzaqi, et al.	(2011)	Bangladesh, Egipto, Indonesia, Irán, Malasia, Nigeria, Pakistan, Turquía (D8)	√			
Pradhan	(2010)	Bangladesh, India, Nepal, Pakistán y Sri Lanka	√			
Arshad, et al.	(2007)	Bangladesh, India, Pakistan, Sri Lanka	√			
Khan & Qayyum	(2007)	Bangladesh, India, Pakistan, Sri Lanka	√			
Cheng	(1997)	Brasil, México y Venezuela	√			√
Yu & Choi	(1985)	Corea del Sur, Estados Unidos, Filipinas, Polonia y Reino Unido	√	√		√
Masih & Masih	(1997)	Corea y Taiwán			√	
Gardner & Joutz	(1996)	Estados Unidos	√			
Kraft & Kraft	(1978)	Estados Unidos				√
Stern	(1993)	EUA	√			
Cheng	(1995)	EUA				√
Asafu-Adjaye	(2000)	Filipinas, India, Indonesia y Tailandia	√	√		
Hondroyiannis, et al.	(2002)	Grecia	√			
Cheng	(1999)	India		√		
Mallick	(2009)	India		√		
Srinivasan & Siddanth	(2015)	India		√		
Paul & Bhattacharya	(2004)	India	√			

Pachauri	(1977)	India			√	
Tyner	(1978)	India			√	
Mashi & Mashih	(1996)	Indonesia	√			
Fatai, et al.	(2004)	Indonesia	√			
Abbasian, et al.	(2010)	Irán	√			
Loganathan, et al.	(2010)	Malasia			√	
Islam, et al.	(2011)	Malasia		√		
Adeniran	(2009)	Nigeria	√			
Okonkwo & Gbadebo	(2009)	Nigeria			√	
Omotor	(2008)	Nigeria			√	
Ebohon	(1996)	Nigeria y Tanzania			√	
Aqeel & Butt	(2001)	Pakistan		√		
Siddiqui	(2004)	Pakistan	√			
Hwang & Gum	(1991)	Taiwan			√	
Yang	(2000)	Taiwan			√	
Ediger & Huvaz	(2004)	Turquía			√	
Lise & Montfort	(2007)	Turquía		√		
Altinay & Karagol	(2006)	Turquía	√			

Fuente: Elaboración basada en (Omri 2014)

**Gráfico 24: Sistema Interconectado Nacional, principales líneas de transmisión**



Fuente: CNDC (Programación de Mediano Plazo Nov/2017 - Oct/2021)

En el gráfico anterior se puede observar el mapa de conexión del Sistema Interconectado Nacional así como la ubicación de las centrales eléctricas y las líneas de transmisión de alta tensión que abastecen de energía a ocho de los nueve capitales de departamentos así como a las principales ciudades intermedias.

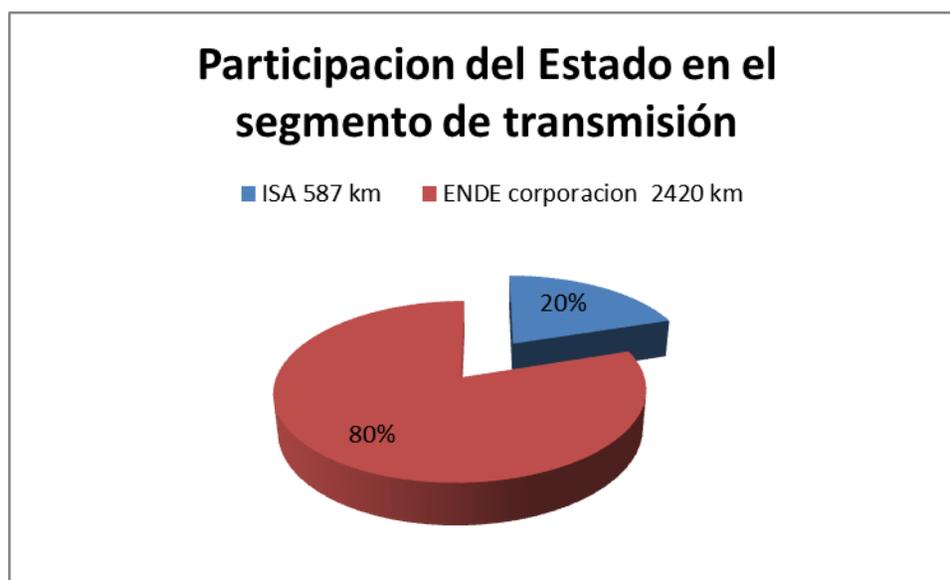
**Cuadro 21: Potencia Instalada y efectiva al 31 de diciembre de 2017**

Empresa	Potencia Instalada								Potencia Efectiva			
	(MVA)				(MW)				(MW)			
	Hidroeléctrica	Termoeléctrica	E. Alternativas	Total	Hidroeléctrica	Termoeléctrica	E. Alternativas	Total	Hidroeléctrica	Termoeléctrica	E. Alternativas	Total
Generadores												
ENDE CORANI S.A.	173,7		31,2	204,9	147,3		27,0	174,3	147,3		27,0	174,3
ENDE GUARACACHI S.A.*	9,3	664,1	5,7	679,1	8,0	542,8	5,7	556,5	7,0	449,1	5,0	461,1
ENDE VALLE HERMOSO S.A.		437,9		437,9		372,3		372,3		275,5		275,5
ENDE ANDINA S.A.M.		581,0		581,0		464,8		464,8		465,1		465,1
COBEE	243,7	37,3		280,9	213,1	29,8		242,9	209,1	18,7		227,8
CECBB		183,6		183,6		152,8		152,8		136,0		136,0
ERESA	24,5			24,5	19,8			19,8	19,1			19,1
HB	99,5			99,5	94,4			94,4	89,2			89,2
SYNERGIA S.A.	8,7			8,7	7,6			7,6	7,8			7,8
GESA		36,3		36,3		30,0		30,0		27,0		27,0
SDB	2,2			2,2	2,2			2,2	2,0			2,0
ENDE	148,5	41,4		189,9	126,2	33,2		159,4	120,0	28,6		148,6
<b>Total</b>	<b>710,1</b>	<b>1.981,4</b>	<b>36,9</b>	<b>2.728,4</b>	<b>618,6</b>	<b>1.625,7</b>	<b>32,7</b>	<b>2.277,0</b>	<b>601,5</b>	<b>1.399,9</b>	<b>32,0</b>	<b>2.033,4</b>

Fuente: Elaborado por La autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad

En el cuadro anterior se muestran la potencia instalada de los principales generadores del Sistema Interconectado Nacional, así como el tipo de planta en funcionamiento; del mismo modo la potencia efectiva con la que cuenta cada generador. Se puede observar que el generador principal de electricidad es la empresa ENDE Guaracachi S.A. con una potencia instalada de 556,5 MW seguida por ENDE Andina SAM y por COBEE.

**Gráfico 25 Participación de la transmisión**



Fuente: Elaborado por La autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad

### Política de expansión de la Infraestructura Eléctrica

En el presente se están encarando proyectos de expansión energética aprovechando el potencial energético del país, que posibilite la exportación de excedentes de energía eléctrica a los países vecinos y convierta a Bolivia en el “Corazón Energético de Sudamérica”, para ilustrar estos esfuerzos se presentan los principales proyectos.

**Cuadro 22: Proyectos de generación hidroeléctrica**

PROYECTO	LOCALIZACIÓN	POTENCIA* (MW)
<b>Misicuni Fases 1 y 11</b>	Río Misicuni, Molle Molle - Cochabamba	120
<b>San José</b>	Ríos Málaga - Paracti, San José - Cochabamba	120
<b>Umapalca (Miguillas)</b>	Río Miguillas - La Paz	83
<b>Palillada (Miguillas)</b>	Río Miguillas - La Paz	113
<b>1virizu</b>	Río 1virizu, Monte Punku- Cochabamba	164
<b>Rositas</b>	Río Grande, Abapó - Santa Cruz.	400
<b>Carrizal Fases 1, 11 y 111</b>	Río Camblaya, Tarija y Chuquisaca	347
<b>Icla</b>	Río Pilcomayo, Chuquisaca y Potosí	102
<b>Margarita</b>	Río Pilcomayo, Chaco - Tarija	150
<b>Total</b>		1.599

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, y de la Empresa Nacional de Electricidad y del Comité Nacional de Despacho de Carga.

**Cuadro 23: Proyectos de generación hidroeléctrica de gran envergadura**

PROYECTO	LOCALIZACIÓN	POTENCIA*
<b>Complejo hidroeléctrico Río Grande</b>	Cochabamba-Chuquisaca- Santa Cruz	2.882
<b>Cachuela Esperanza</b>	Beni - Pando	990
<b>El Bala</b>	La Paz - Beni	1.68
<b>Total</b>		5.552

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, y de la Empresa Nacional de Electricidad y del Comité Nacional de Despacho de Carga.

**Cuadro 24: Proyectos de Generación con Energías Alternativas**

PROYECTO	LOCALIZACIÓN	TECNOLOGÍA	POTENCIA
<b>Qollpana</b>	Pocona - Cochabamba	Eólica	3
<b>Parque Eólico*</b>	Santa Cruz y Cochabamba	Eólica	50
<b>San Buenaventura</b>	San Buenaventura- La Paz	Biomasa	10
<b>Laguna Colorada Fase I</b>	Laguna Colorada - Potosí	Geotérmica	100
<b>Parque Fotovoltaico**</b>	Cobija - Pando	Fotovoltaica	-
<b>Parque Fotovoltaico*</b>	La Paz - Oruro	Fotovoltaica	20
<b>Total</b>			183

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, y de la Empresa Nacional de Electricidad y del Comité Nacional de Despacho de Carga.

**Cuadro 25: Proyectos de generación termoeléctrica**

PROYECTO	LOCALIZACIÓN	TECNOLOGÍA	POTENCIA*
<b>Unidad Térmica EL Alto</b>	El Alto - La Paz	Térmica a Gas	32
<b>Unidad Térmica Bulu Bulu -</b>	Entre Ríos -	Térmica a Gas	48
<b>Termoeléctrica del Sur</b>	Chaco - Tarija	Térmica a Gas	168
<b>Termoeléctrica de Warnes</b>	Warnes - Santa Cruz	Térmica a Gas	200
<b>Termoeléctricas en el Área</b>	Área Oriental	Térmica a Gas	488
<b>Termoeléctricas en el Área</b>	Área Central	Térmica a Gas	89
<b>Termoeléctrica en el Área Sur</b>	Área Sur	Térmica a Gas	83
<b>Total</b>			1.108

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, y de la Empresa Nacional de Electricidad y del Comité Nacional de Despacho de Carga.

**Cuadro 26: Plantas hidroeléctricas binacionales**

REF.	PAÍSES	DENOMINACIÓN	RÍO	CAP. INSTALADA	OBSERVACIONES
<b>A</b>	Br - Py	Itaipú	Paraná	14.000 MW	En operación
<b>B</b>	Ar - Uy	Salto Grande	Uruguay	1.890 MW	En operación
<b>C</b>	Ar - Py	Yacretá	Paraná	3.200 MW	En operación
<b>D</b>	Ar - Br	Garabí	Uruguay	1.500 MW	En estudio
<b>E</b>	Ar - Py	Corpus	Paraná	3.400 MW	En estudio

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, y datos del documento "Síntesis Informativa Energética de los Países de la CIER-2011"

**Cuadro 27: Intercambios de energía entre países de la región 2010 – (GWh)**

INTERCAMBIOS DE ENERGIA		EXPORTADOR							TOTAL IMPORTACIONES	
		Argentina	Brasil	Colombia	Ecuador	Paraguay	Perú	Uruguay		Venezuela
IMPORTADOR	Argentina		1.216	-	-	8.043	-	711	-	9.970
	Brasil	-		-	-	35.406	-	-	500	35.906
	Chile	953	-	-	-	-	-	-	-	953
	Colombia	-	-		10	-	-	-	-	10
	Ecuador	-	-	798		-	112	-	-	910
	Uruguay	355	42	-	-	-	-		-	397
TOTAL EXPORTACIONES		1.308	1.258	798	10	43.449	112	711	500	48.146

A continuación los resultados de la regresión tomando en cuenta todas las variables exógenas y un resumen de los resultados y las pruebas de diagnóstico de diferentes combinaciones de las variables exógenas del modelo.

**Cuadro 28: Resultados de una regresión con variables exógenas (E K PBRA) y 7 rezagos**

Vector Autoregression Estimates		
Date: 05/16/19 Time: 14:24		
Sample (adjusted): 1998 2018		
Included observations: 21 after adjustment		
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]		
	DPIB	DCE
DPIB(-1)	2.162796 -0.42455 [ 5.09428]	1.619631 -0.81871 [ 1.97827]
DPIB(-2)	4.390766 -0.87487 [ 5.01875]	3.429257 -1.68711 [ 2.03262]
DPIB(-3)	4.459369 -0.8688 [ 5.13279]	1.859142 -1.6754 [ 1.10967]
DPIB(-4)	3.416982 -0.68232 [ 5.00791]	1.47687 -1.31578 [ 1.12243]
DPIB(-5)	-3.1961 -0.70207 [-4.55241]	-2.587729 -1.35387 [-1.91136]
DPIB(-6)	-3.91146 -0.8089 [-4.83553]	-2.890086 -1.55989 [-1.85275]
DPIB(-7)	1.103449 -0.2157 [ 5.11565]	0.511275 -0.41596 [ 1.22915]
DCE(-1)	-0.596559 -0.2665 [-2.23850]	-0.804811 -0.51392 [-1.56603]
DCE(-2)	-5.007157 -0.9798 [-5.11040]	-2.857738 -1.88944 [-1.51248]
DCE(-3)	-1.503689 -0.28311 [-5.31128]	-0.569029 -0.54595 [-1.04226]
DCE(-4)	2.083686 -0.43052 [ 4.83993]	1.400227 -0.83022 [ 1.68658]

DCE(-5)	1.047994 -0.23134 [ 4.53006]	0.524833 -0.44612 [ 1.17644]
DCE(-6)	-1.068391 -0.24974 [-4.27808]	-0.39129 -0.48159 [-0.81249]
DCE(-7)	-0.514517 -0.12181 [-4.22403]	-0.70327 -0.23489 [-2.99400]
C	-0.066503 -0.02023 [-3.28753]	0.061383 -0.03901 [ 1.57355]
DK	-0.307429 -0.07225 [-4.25524]	-0.176514 -0.13932 [-1.26695]
DE	1.152656 -0.25083 [ 4.59538]	0.533669 -0.4837 [ 1.10330]
DPBRA	2.567504 -0.4814 [ 5.33336]	1.299964 -0.92834 [ 1.40031]
R-squared	0.984068	0.978253
Adj. R-squared	0.893788	0.855018
Sum sq. resid	6.70E-05	0.000249
S.E. equation	0.004725	0.009112
F-statistic	10.90017	7.938109
Log likelihood	103.0861	89.29553
Akaike AIC	-8.103435	-6.79005
Schwarz SC	-7.20813	-5.894745
Mean dependent var	0.040508	0.050271
S.D. dependent var	0.014499	0.023931
Determinant resid covariance	1.74E-09	
Determinant resid covariance	3.54E-11	
Log likelihood		193.0718
Akaike information criterion		-14.95922
Schwarz criterion		-13.16861

**Cuadro 29: Resumen de las regresiones y pruebas de diagnóstico para 4 rezagos**

	Variables Exógenas						
	K	E	PIBRA	K+E	K+PIBRA	E+PIBRA	K+E+PBR A
<b>R2</b>	0.831495	0.721858	0.871514	0.83301	0.871922	0.887909	0.812038
<b>Autocorrelación</b>	No existe autocorrelación	Existe autocorrelación	No Existe autocorrelación				
<b>Normalidad</b>	Residuos Normales	Residuos Normales	Residuos Normales				
<b>Heterocedasticidad</b>	Residuos Homocedasticos	Residuos Homocedasticos	Residuos Homocedasticos				
<b>Estabilidad</b>	Estable	No es estable	No es estable	No es estable	No es estable	No es estable	Es estable

**Cuadro 30 Cobertura de las ciudades por empresa**

COBERTURA POR DEPARTAMENTOS	
<b>Chuquisaca</b>	
CESSA	Sucre
COSERMO Ltda.	Monteagudo
COSERCA	Camargo
ENDE	Los Cintis
<b>La Paz</b>	
DELAPAZ	La Paz- El Alto
EMPRELPAZ	Patacamaya
ELFA	Larecaja
EDEL S.A.M.	Araca
COOPARACA	Zongo y Miguillas
SEYSA	Yungas
SESSA	San Buenaventura
EDEL S.A.M.	San Buenaventura
ENDE	Aroma
EMPRELPAZ	Ixiamas
EDEL S.A.M.	Ixiamas
COSET	Tumupasa
<b>Cochabamba</b>	
ELFEC S.A.	Cochabamba
ELEPSA	Punata

<b>Oruro</b>	
(1) DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD ENDE DE ORURO S.A.	ORURO
CERVI R.L.	VINTO
COOPERATIVA DE SERVICIOS ELECTRICOS 15 DE NOVIEMBRE LTDA.	CARACOLLO
COOPSEL	EUCALIPTUS
COSEP	PARIA
COOPERATIVA ELECTRIFICACION "TTE. BULLAIN" LTDA	SEPULTURAS
ELFEDECH S.A.	CHALLAPATA
COOPERATIVA ELECTRIFICACION PAZÑA LTDA.	PAZÑA
EREQQ	QUILLACAS
EDEAM S.A.	QAQACHACA
ERDEA S.A.	AYLLUS Y MARKAS
COOPERATIVA DE ELECTRIFICACION ASUNCION LTDA	EDUARDO AVAROA
EMDECA S.A.	ASUNCION
EMPRESA COMUNITARIA DE SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA SEVARUYO (ECOSEES S.R.L.)	CARACOLLO
COOPERATIVA DE ELECTRIFICACION	ORURO

<b>"TOTORAI"LTDA.</b>	
COOPERATIVA DE ELECTRIFICACION RURAL "ROSARIO DE Venta y Media de la provincia Poopo Ltda.	ORURO
<b>POTOSI</b>	
SEPSA	POTOSI
SEPSA	VILLAZON
COOPELECT	TUPIZA
HAM - UNCIA	UNCIA
HAM - LLALLAGUA	LLALLAGUA
"COSEAL" R.L.	ATOCHA
COSEU	UYUNI
ENDE	UYUNI
<b>TARIJA</b>	
SETAR	TARIJA
SETAR	BERMEJO
SETAR	CARAPARI
SETAR	EL PUENTE
SETAR	ENTRE RIOS
SETAR	MACHARETI
SETAR	VILLAMONTES
SETAR	YACUIBA
SETAR	ISCAYACHI
<b>BENI</b>	
CER	RIBERALTA
COSERELEC	TRINIDAD
COSEGUA LDTA	GUARAYAMERIN
COSEM	SAN BORJA MANIQUI
COOPERATIVA DE SERVICIOS PUBLICOS SANTA ROSA LDTA.	SANTA ROSA
ENDE	SIST. SANTA ROSA
COOP. YUCUMO	YUCUMO

COOP. DE LUZ ELECTRICA RRURRENABAQUE. LDTA	RRURRENABAQUE
ENDE	SIST. RRURRENABAQUE MAGDALENA
COSERMAG	
COSEY	SANTA ANA DE YACUMA
CODEMI LDTA	MOXOS ISIRERI
ENDE	REYES
ENDE	SIS. REYES
ENDE	TRINIDAD
ENDE	YUCUMO
ENDE	SAN BORJA
ENDE	MOXOS
COOP. SAN JOAQUIN	SAN JOAQUIN
COOP SAN RAMON	SAN RAMON
COOP HUARACAJE	BAURES
ENDE DEL BENI S.A.M	
<b>PANDO</b>	
ENDE	COBIJA
ENDE	EL SENA
<b>SANTA CRUZ</b>	
CRE R.L.	INTEGRADA
CRE R.L.	CAMIRI
CRE R.L.	VALLES CRUCEÑOS
CRE R.L.	GERMAN BUSCH
CRE R.L.	ROBORE
CRE R.L.	LAS MISIONES
CRE R.L.	CHARAGUA
CRE R.L.	SAN IGNACIO
CRE R.L.	SAN MATIAS