



**UNIVERSIDAD  
DEL PACÍFICO**

**Escuela de  
Postgrado**

**“DETERMINANTES DEL INCREMENTO DEL NÚMERO  
DE CLIENTES RESIDENCIALES DE GAS NATURAL EN  
LA CONCESIÓN DE LIMA Y CALLAO: 2007-2019”**

**Trabajo de Investigación presentado  
para optar al Grado Académico de  
Magíster en Regulación y Gestión de Servicios Públicos**

**Presentado por**

**Sr. Carlos Alberto Palacios Olivera  
Sr. Oscar Bernardo Salcedo Torrejon  
Sr. Francisco Coronel Uriona**

**Asesor: Profesor Abel Rodríguez González**

**[0000-0001-6814-4121](tel:0000-0001-6814-4121)**

**Lima, febrero 2021**

Dedicamos la presente investigación a la población que aún no se beneficia con la distribución de gas natural por red de ductos en sus viviendas y a quienes trabajan para lograr una mayor cobertura de este servicio público en el país.

Agradecemos a nuestro asesor, Economista Abel Rodríguez González, por su comprometido trabajo, apoyo y tolerancia en el desarrollo del trabajo de investigación. Además de sus especializados aportes para darle un significativo valor al presente trabajo de investigación.

A todos los profesores y personal administrativo de la maestría, por su esmerada atención de apoyarnos para la finalización del trabajo de investigación.

## **Resumen ejecutivo**

En el presente trabajo de investigación, se ha desarrollado un modelo econométrico para identificar las variables determinantes que explican el sostenido incremento en la velocidad de nuevas conexiones residenciales en la concesión de distribución de gas natural de Lima y Callao, para el periodo comprendido en el período 2007-2019.

El modelo econométrico desarrollado corresponde a un modelo de tipo Log-Log, que toma como base una fórmula de regresión exponencial. Este modelo cumple con todos los test de validación estadística y cuenta con un buen poder de predictibilidad, que asegura la robustez estadística de dicho modelo.

La información estadística empleada en el desarrollo del modelo econométrico ha sido recopilada de instituciones públicas y del concesionario de distribución de gas natural que opera en Lima y Callao, lo cual da confianza en la calidad de la data empleada.

<Para comprobar el poder predictivo del modelo econométrico se ha realizado una comparación entre una estimación del número acumulado de clientes, realizada con la fórmula de regresión exponencial y los datos históricos de las variables identificadas, con la información histórica (real) del número de clientes residenciales. En el período histórico de análisis 2007-2019, el error de la proyección ha sido de -0.9%; mientras que en el período final de análisis 2016-2019 el error ha sido de -3.4%. Ello, da confiabilidad en la proyección anual realizada con el modelo econométrico y que se presenta dentro del trabajo de investigación.

Adicionalmente, se ha realizado la interpretación del impacto de cada una de las variables determinantes identificadas, con base a lo cual se formula recomendaciones para la gestión de políticas públicas que pueden aplicarse en los emprendimientos de la masificación de gas natural para el sector residencial del país.

## Índice

<b>Índice de tablas</b> .....	viii
<b>Índice de gráficos</b> .....	ix
<b>Índice de anexos</b> .....	x
<b>Resumen ejecutivo</b> .....	iv
<b>Capítulo I. Introducción</b> .....	1
1. Importancia de la investigación .....	1
2. Justificación .....	2
3. Problemática .....	2
3.1 Problemática general.....	2
3.2 Problemáticas específicas.....	2
4. Objetivo .....	3
4.1 Objetivo general.....	3
4.2 Objetivos específicos .....	3
5. Hipótesis .....	4
5.1 Hipótesis general.....	4
5.2 Hipótesis específicas .....	4
<b>Capítulo II. Marco institucional y principales hechos de la distribución de gas natural en Lima y Callao</b> .....	5
1. Generalidades de la distribución de gas natural en el sector residencial de Lima y Callao.....	5
1.1 El gas natural seco y sus competidores en el mercado de combustibles.....	6
1.2 Concesión de distribución de gas natural en Lima y Callao .....	7
1.3 Mercado potencial de hogares para el uso de gas natural en Lima y Callao.....	9
2. Crecimiento de la oferta de redes de distribución de gas natural y de compromiso de consumidores conectados.....	10
2.1 Expansión de redes de distribución de gas natural en Lima y Callao .....	10
2.2 Número de conexiones en el contrato de concesión .....	13
2.3 Modificaciones contractuales respecto a la obligación de clientes conectados .....	15
3. Incentivos para el crecimiento de la demanda de nuevas conexiones residenciales de gas natural .....	16

3.1 Mecanismo de promoción tarifaria para la conexión de usuarios residenciales al gas natural – Reducción del costo de acceso .....	16
3.2 Programa Bono Gas del FISE en Lima y Callao.....	17
4. Evolución de los usuarios residenciales de gas natural en Lima y Callao .....	18
<b>Capítulo III. Revisión de la literatura y marco teórico .....</b>	<b>20</b>
1. Revisión de la literatura .....	20
1.1 Análisis del consumo de gas natural en el sector residencial en Irlanda.....	20
1.2 Factores que determinan la disposición a pagar por el servicio de gas natural domiciliario en la ciudad de Talara (2013).....	22
1.3 Determinantes de la demanda de gas natural en el sector residencial en la ciudad de Cartagena (1993 – 2001).....	23
1.4 Conclusiones de la revisión de la literatura .....	25
2 Marco teórico.....	26
2.1 Análisis de demanda de gas residencial.....	26
2.2 Arreglos institucionales.....	31
2.3 Algunos hechos estilizados .....	33
<b>Capítulo IV. Experiencia internacional - Caso Colombia .....</b>	<b>37</b>
1. Comparación de la evolución del número de conexiones de gas natural en Colombia y otros países de Latinoamérica .....	37
2. Evolución del número de conexiones de gas natural en Colombia.....	39
3. Plan de masificación de gas natural implementado en Colombia en el año 1991 .....	40
<b>Capítulo V. Desarrollo del modelo econométrico que explica el incremento de conexiones residenciales en la concesión de lima y callao .....</b>	<b>42</b>
1. Selección de las variables independientes a modelar con EViews 10 .....	42
2. Recopilación y elaboración de las series estadísticas de las variables.....	45
2.1 Variables recopiladas .....	46
2.2 Variables procesadas.....	47
3. Modelo econométrico desarrollado del tipo Log-Log .....	48
3.1 Pruebas de validación econométrica realizadas al modelo desarrollado.....	49
3.2 Evaluación del poder predictivo (pronóstico) del modelo econométrico desarrollado....	50
3.3 Comparación de valores reales versus los valores estimado de la variable explicada Y .	51

<b>Capítulo VI. Evaluación del impacto de las determinantes identificadas en el modelo econométrico</b> .....	52
1. Interpretación de las elasticidades del modelo Log-Log desarrollado.....	52
2. Comparación del impacto de la variación de nuevos clientes en la proyección anual.....	53
3. Evaluación del impacto de la variable determinante DREDESTOT - Incremento de redes totales de distribución de gas natural.....	53
4. Evaluación del impacto de la variable determinante CTOACCESO – Costo para acceder al suministro de gas natural .....	55
5. Evaluación del impacto de la variable determinante AHORROGLP – Ahorro por la sustitución del GLP con el gas natural .....	56
6. Evaluación del impacto de la variable determinante AHORROGEE - Ahorro por la sustitución de la Electricidad con el gas natural.....	57
7. Evaluación del impacto de la variable determinante INGRESODCR – Ingreso familiar de hogares con redes de distribución de gas natural.....	58
8. Evaluación del impacto de la variable determinante DUMMYSUBSIDIO .....	59
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	61
<b>Bibliografía</b> .....	64
<b>Anexos</b> .....	70
<b>Notas biográficas</b> .....	88

## Índice de tablas

Tabla 1.	Número de viviendas particulares censadas .....	9
Tabla 2.	Definiciones de las obras del contrato de concesión .....	11
Tabla 3.	Relación de consumidores iniciales consignados en el Anexo N°11 del contrato de concesión .....	14
Tabla 4.	Definiciones de la red de distribución .....	15
Tabla 5.	Nuevos compromisos de conexión .....	16
Tabla 6.	Costo máximo de la instalación interna en Lima y Callao a Junio 2020 - Con IGV .....	18
Tabla 7.	Ratio (factor) de penetración del servicio de gas natural en Lima y Callao ....	19
Tabla 8.	Clientes residenciales por vivienda en los principales países de Latinoamérica al año 2019 .....	38
Tabla 9.	Evolución del número de usuarios de gas natural en Colombia por departamentos 1999-2019 .....	39
Tabla 10.	Variación (%) del número de clientes real-histórico versus los valores estimados con el modelo desarrollado.....	51
Tabla 11.	Impacto de la variación de nuevos clientes en la proyección anual .....	53
Tabla 12.	Proyección del cambio porcentual de DREDESTOT y DCLIENTES .....	54
Tabla 13.	Proyección del cambio porcentual de CTOACCESO y DCLIENTES .....	55
Tabla 14.	Proyección del cambio porcentual de AHORROGGLP y DCLIENTES .....	56
Tabla 15.	Proyección del cambio porcentual de AHORROGEE y DCLIENTES.....	58
Tabla 16.	Proyección del cambio porcentual de INGRESODCR y DCLIENTES.....	59

## Índice de gráficos

Gráfico 1.	Esquema del sistema de distribución de gas natural en Lima y Callao .....	7
Gráfico 2.	Zona de concesión de Cálidda en Lima y Callao .....	8
Gráfico 3.	Esquema del suministro de gas natural a las viviendas de los usuarios .....	9
Gráfico 4.	Expansión de la longitud de redes de distribución de Cálidda en la Provincia de Lima y del Callao .....	12
Gráfico 5.	Expansión geográfica de las redes de distribución de Cálidda en la Provincia de Lima y del Callao .....	13
Gráfico 6.	Evolución anual del número de usuarios de gas natural en Lima y Callao .....	19
Gráfico 7.	Distribución del volumen facturado del gas natural .....	33
Gráfico 8.	Crecimiento del número de clientes residenciales de gas natural por países en Latinoamérica.....	38
Gráfico 9.	Tasa de crecimiento de clientes residenciales – Promedio anual 2006-2019..	39
Gráfico 10.	Desarrollo del plan de masificación de gas natural en Colombia.....	41
Gráfico 11.	Evolución mensual del número nuevos clientes residenciales de Cálidda 2005-2014.....	46
Gráfico 12.	Resultado de la simulación final del modelo econométrico .....	49
Gráfico 13.	Simulación del poder predictivo del modelo con EViews 10.....	50
Gráfico 14.	Tendencia de los datos estimados versus los datos reales y los residuos.....	51

## Índice de anexos

Anexo 1.	Marco normativo regulatorio de la distribución de gas natural por red de ductos en el Perú .....
Anexo 2.	Modelo lineal múltiple .....
Anexo 3.	Teoría clásica del consumidor .....
Anexo 4.	Identificación de las variables determinantes por medio del modelo Log-Log...
Anexo 5.	Pruebas estadísticas realizadas el modelo econométrico desarrollado .....

## **Capítulo I. Introducción**

### **1. Importancia de la investigación**

La utilidad social de cualquier red de distribución de un servicio público, como es la de gas natural, se mide por el incremento trimestral del número de clientes atendidos lo que, además de alimentar el indicador de crecimiento anual, permite definir el factor de cobertura y el avance o sustitución por gas natural de otros energéticos más caros dentro de la zona de concesión del distribuidor.

En la concesión de Lima y Callao, operada por la empresa Cálidda debido al reducido precio en boca de pozo desde el Lote 88 del yacimiento de Camisea-Cusco, suministra gas natural para el sector residencial desde un sistema de distribución por red de ductos, con servicio postpago del consumo registrado mensual, beneficia a los usuarios residenciales al generarles un ahorro de entre el 40% y el 50% en el gasto de combustibles para la cocción, calentamiento de agua para ducha y calefacción.

A partir del año 2005 se dio inicio al suministro de gas natural para el sector residencial dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao, con base en la obligación del contrato de concesión suscrito en el año 2000, que establecía la atención efectiva de al menos 70.000 clientes en el período de seis años, cifra reducida comparada a los 1,6 millones clientes con suministro de electricidad de dicho año. Ello, hace notar que el contrato de concesión no contemplaba una atención masiva de los clientes residenciales en Lima y Callao, lo cual se demuestra con la cifra acumulada hasta el año 2009 de solo 17.062 clientes, de los cuales 5.766 nuevos clientes corresponden al año 2009. Sin embargo, desde el año 2010 y por los siguientes 10 años el número de clientes residenciales se incrementó considerable y sostenidamente hasta acumular los 945.873 al año 2019, siendo que ese último año se atendió a 200.308 nuevos clientes.

Al año 2019, se estima que en Lima y Callaos existen 2,4 millones clientes de electricidad. Con base al considerable incremento anual del número de clientes alcanzado en los últimos años, en junio de 2019, el director general de la empresa Cálidda anunció que en menos de 10 años esperan alcanzar el 100% de cobertura en Lima y Callao (*Gestion* 2019).

En el presente trabajo de investigación, con base a un modelo econométrico del tipo Log-Log de análisis de elasticidades, se identifican y evalúan las variables que ha generado el incremento

anual de nuevos clientes del período 2007 al 2019. Por ello, la importancia de la investigación radica en obtener una comprensión clara de los incentivos y atributos del servicio de gas natural residencial desde la perspectiva de los clientes, con el fin de extraer recomendaciones de política para su rectificación y lecciones para inversiones futuras y similares.

## **2. Justificación**

El análisis detallado de la evolución del incremento del número de clientes del servicio de gas natural en la Región Lima y Callao durante el período 2007-2019 permitirá identificar los aspectos que determinan que los clientes se unan a la red de distribución de Cálidda para la masificación del servicio de gas natural del sector doméstico en su zona de concesión y conocer los motivos por los cuales sólo se ha concentrado en la zona metropolitana y no en las provincias de la costa y sierra, y así realizar propuestas de políticas públicas regulatorias, de acceso y de equidad, que permitan que los potenciales usuarios domésticos se beneficien con mayor rapidez del servicio de distribución de gas natural.

## **3. Problemática**

### **3.1 Problemática general**

A continuación, se presenta la problemática general: ¿Qué factores han generado el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019?

### **3.2 Problemáticas específicas**

A continuación, se presentan las problemáticas específicas:

- ¿Qué factores relacionados a la demanda han generado el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019?
- ¿Qué factores relacionados a la oferta han generado el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019?

- ¿Qué factores relacionados al acceso al servicio han generado el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019?
- ¿Qué factores han generado el mayor impacto en el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019?

#### **4. Objetivo**

##### **4.1 Objetivo general**

A continuación, se presenta el objetivo general: Establecer los factores y la importancia que cada uno de ellos ha generado al incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.

##### **4.2 Objetivos específicos**

A continuación, se presentan los objetivos específicos:

- Establecer los factores relacionados a la demanda que han generado el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.
- Establecer los factores relacionados a la oferta que han generado el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.
- Establecer los factores relacionados al acceso al servicio que han generado el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.
- Establecer los factores que han generado mayor impacto en el incremento del número de clientes residenciales de gas natural en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.

## **5. Hipótesis**

### **5.1 Hipótesis general**

A continuación, se presenta la hipótesis general: El incremento del número de clientes residenciales de gas natural ha sido generado principalmente por la política pública de una regulación de tarifas competitiva, precios más bajos, del gas natural respecto a los combustibles sustitutos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.

### **5.2 Hipótesis específicas**

A continuación, se presenta las hipótesis específicas:

- El incremento del número de clientes residenciales de gas natural ha sido generado por los ahorros económicos que obtiene un usuario al consumir gas natural, respecto al Gas Licuado del Petróleo (GLP) o electricidad, y al ingreso familiar en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.
- El incremento del número de clientes residenciales de gas natural ha sido generado por la expansión de redes de distribución de gas natural dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.
- El incremento del número de clientes residenciales de gas natural ha sido generado por la reducción del costo de acceso al servicio dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.
- El incremento del número de clientes residenciales de gas natural ha sido generado por el mayor impacto de los factores relacionados al acceso al servicio en los distritos que cuentan con la red de ductos dentro de la concesión de distribución de Lima y Callao en el período 2007-2019.

## **Capítulo II. Marco institucional y principales hechos de la distribución de gas natural en Lima y Callao**

En este capítulo se presentan los aspectos de la distribución de gas natural, el crecimiento de la oferta de dichas redes de distribución, los mecanismos para incentivar la demanda de conexiones residenciales al gas natural y la evolución conexiones en el período de evaluación. El marco normativo de la distribución de gas natural se presenta en los anexos.

En un negocio donde existen infraestructuras de redes para la atención de un servicio público, como es la distribución y comercialización de gas natural por red de ductos (gasoductos) de una concesión geográfica otorgado en monopolio por el Estado, las redes son instaladas en las calles donde se ubican las viviendas para que, luego, puedan conectarse los potenciales clientes para el suministro de gas natural. Es decir, primero se instala la oferta en una zona geográfica para atender la demanda de conexiones residenciales.

Una vez que se haya instalado la red de distribución de gas natural, un cliente potencial decidirá si conecta o no su vivienda al suministro de gas natural, en sustitución del combustible que viene usando. Para ello, evaluará el costo de acceso y los ahorros que pueda lograr, en el corto plazo, con el uso del gas natural respecto a los otros combustibles que compiten en el sector residencial, como son el GLP y la electricidad.

Como verán, el negocio de la venta de conexiones y de la distribución de gas natural a predios residenciales, desde una red de ductos de servicio público, es distinto al negocio de un producto en el libre mercado, donde existe competencia de empresas ofertantes para la atención de la demanda. Ello, debido a que en el libre mercado la oferta produce los productos en diversos lugares alejados de la demanda, lo cual es diferente en la prestación de suministro de gas natural por una red de ductos, como se ha señalado.

### **1. Generalidades de la distribución de gas natural en el sector residencial de Lima y Callao**

Seguidamente se presentan las generalidades de gas natural de uso residencial y de la concesión de distribución de gas natural.

## 1.1 El gas natural seco y sus competidores en el mercado de combustibles

En el sector residencial, el gas natural compite con los balones de GLP de 10 kg y con la electricidad, que se emplean también en diversos artefactos de las viviendas como cocina, calentador de agua para ducha, lavadora y secadora de ropa.

El gas natural que se comercializa en Lima y Callao proviene del yacimiento de gas natural del Lote 88 de Camisea de la Región Cuzco, el cual previamente ha pasado por las etapas de procesamiento, transporte y distribución. La comercialización de gas natural es considerada un servicio público, mediante el suministro continuo del producto y el pago posterior al consumo registrado mensual. A continuación, se explica la forma cómo llega el gas natural a una zona de concesión de distribución.

La planta de procesamiento de gas natural operada por el Consorcio Camisea, ubicada en la localidad de Malvinas del distrito de Echarate de la provincia de La Convención en la Región Cuzco, tiene como insumo el gas natural húmedo extraído directamente de los pozos del yacimiento de hidrocarburos del Lote 88 de Camisea, desde la cual se obtiene los siguientes productos de hidrocarburos:

- **Productos de los Líquidos de Gas Natural (LGN).** Compuesto por el propano y butano, con los cuales se obtiene el producto GLP por medio de una planta de fraccionamiento; así como de pentano, con los que se obtiene gasolinas naturales, y otros.
- **Producto Gas Natural Seco (GNS o GN).** Compuesto por la mezcla de metano y el etano, donde el metano es más del 90% del volumen. Comúnmente, al producto gas natural seco se le llama simplemente gas natural.

Desde la planta de procesamiento de Malvinas, el gas natural es transportado por un gasoducto operado por la empresa Transportadora de Gas Natural del Perú (TGP) hasta una estación principal de entrada a la ciudad ubicada en el distrito de Lurín de la Región Lima, llamada City Gate. Desde el City Gate se inicia el sistema de distribución de gas natural por red de ductos, operada por la empresa Gas Natural de Lima y Callao S.A. (Cálidda), que llega hasta las viviendas de los consumidores de la zona geográfica de concesión de Lima y Callao, dada por el Estado mediante un contrato de concesión.

## 1.2 Concesión de distribución de gas natural en Lima y Callao

El 09 de diciembre de 2000 el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en representación del Estado Peruano, y la empresa Gas Natural de Lima y Callao S.A. (Cálidda), realizaron la firma del contrato de concesión para la distribución de gas natural en Lima y Callao, el cual le había sido adjudicado el 20 de octubre de 2000 al haber ganado el concurso público convocado por el Comité Especial del Proyecto Camisea de la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI). En el gráfico 1 se presenta un esquema del sistema de distribución de gas natural de Lima y Callao.

**Gráfico 1. Esquema del sistema de distribución de gas natural en Lima y Callao**

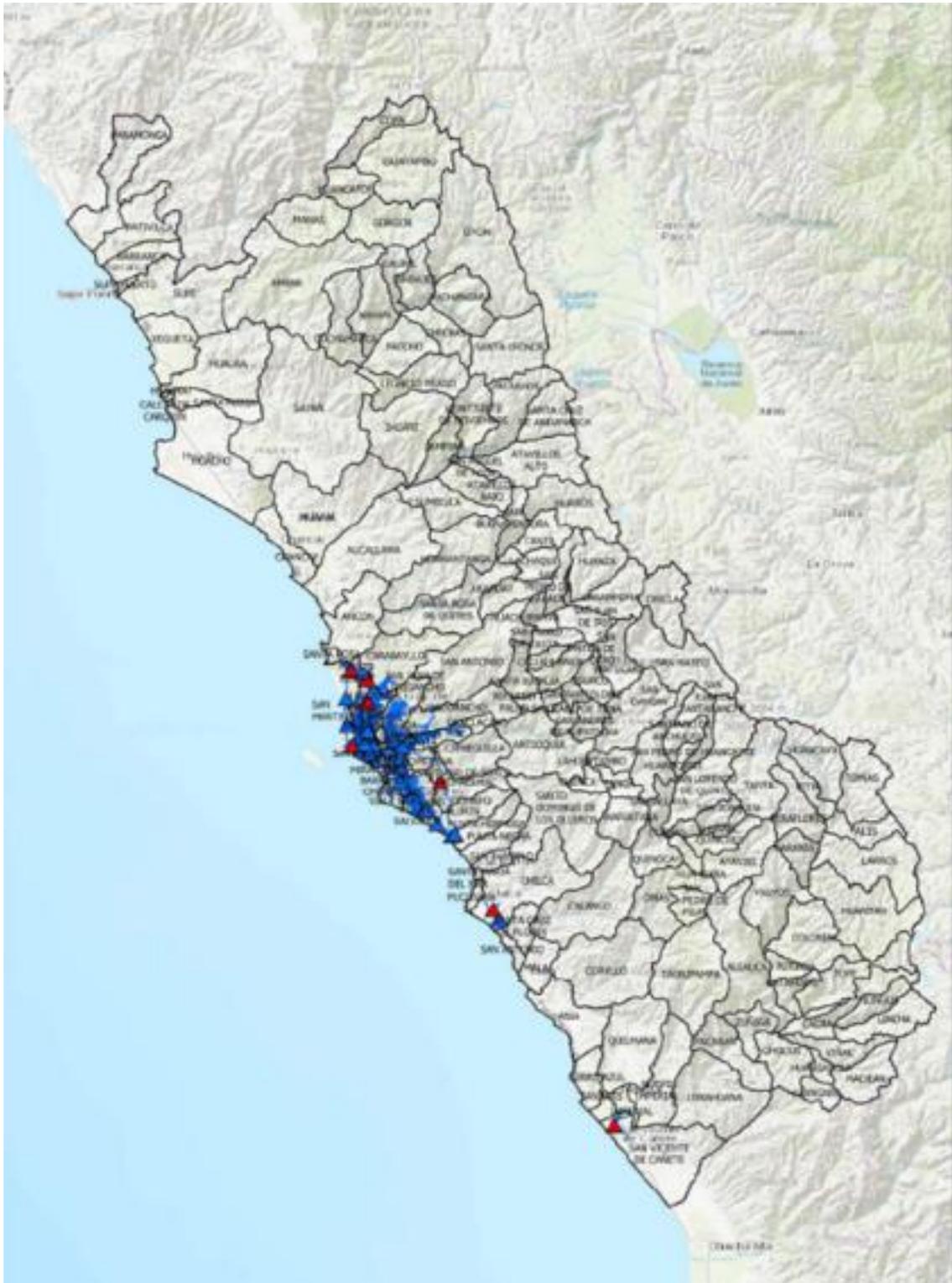


Fuente: Gas Natural de Lima y Callao S.A. (Cálidda). Año 2014.

El ámbito geográfico de la concesión de Cálidda abarca al Departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao, con todas sus provincias y distritos. En el Departamento de Lima se encuentran dos gobiernos regionales, el Gobierno Regional de Lima, con sede en la ciudad de Huacho; y la Municipalidad Metropolitana de Lima, que administra la Provincia de Lima.

En el siguiente gráfico se presenta el ámbito geográfico de la concesión de Lima y Callao, con las redes de distribución existentes hasta junio de 2020, la cual se concentra en los distritos de Lima Metropolitana.

**Gráfico 2. Zona de concesión de Cálida en Lima y Callao**



Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), año 2020.

### 1.3 Mercado potencial de hogares para el uso de gas natural en Lima y Callao

Los hogares o viviendas potenciales para el uso del gas natural son todas aquellas donde los propietarios estén dispuestos a sustituir el uso de GLP o electricidad por el gas natural en sus artefactos domésticos, tales como cocina, terma de agua para ducha, estufa, lavadora y secadora de ropa. A continuación, en la tabla 1 se presenta la cantidad de viviendas en Lima y Callao.

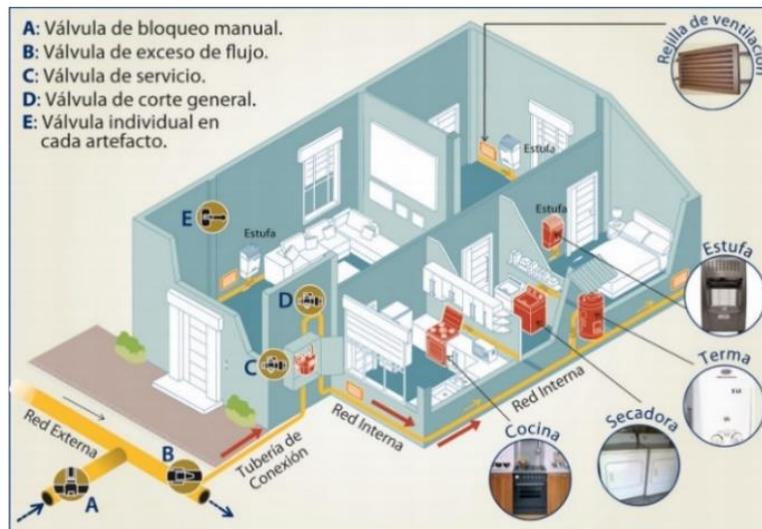
**Tabla 1. Número de viviendas particulares censadas**

Departamento	Año 2007	Año 2017
Lima	2.123.751	2.969.869
Callao	212.208	281.882

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), año 2018.

En el gráfico 3 se muestra el esquema de conexión de la vivienda al sistema de distribución de gas natural, la cual se da por medio de la tubería de conexión que se paga por medio del Derecho de Conexión; así como la Acometida (medidor) que registra el consumo mensual del usuario, ubicado junto a la válvula de servicio. La instalación interna se inicia en Acometida (medidor) y termina en los artefactos que utilizarán gas natural en la vivienda.

**Gráfico 3. Esquema del suministro de gas natural a las viviendas de los usuarios**



Fuente: Osinergmin, año 2012.

## **2. Crecimiento de la oferta de redes de distribución de gas natural y de compromiso de consumidores conectados**

Seguidamente se presenta las generalidades del desarrollo de la oferta de redes de distribución, las obligaciones de conexión de clientes residenciales establecidos en el contrato de concesión y en las regulaciones tarifarias.

### **2.1 Expansión de redes de distribución de gas natural en Lima y Callao**

En lo que a inversiones en infraestructura de red se refiere, los numerales 1.2 y 1.3 del Contrato de Concesión precisan que la empresa concesionaria se obliga a diseñar y construir las obras comprometidas (o red de distribución) con ciertas características de capacidad y en los plazos establecidos en los numerales 3.2.2.a y 3.2.2.f. Asimismo, se obliga a diseñar y construir las obras del plan de crecimiento comprometido, según se indica en las cláusulas 3.1.2 y 3.2.2.d.

El último párrafo del numeral 3.1.1 obliga a la empresa concesionaria a la culminación de las obras comprometidas iniciales antes del vencimiento del plazo de la puesta en operación comercial, la cual debe darse dentro de los 44 meses desde la fecha de cierre. Por ello, otras disposiciones le exigen que, en un plazo de 6 meses desde la fecha de cierre, presente un cronograma detallado de estas actividades de construcción. La ejecución de estas obras deberá llevarse a cabo de conformidad con la memoria descriptiva contenida en el Anexo N°7 del contrato y los cronogramas detallados aprobados. El objetivo de este tipo de inversiones es dejar al sistema de distribución listo para suministrar gas a los consumidores iniciales en el área de la concesión que se indican en el Anexo N°11 del contrato.

El literal f), del numeral 3.2.2, referido a las obras comprometidas complementarias, señala que, en un plazo máximo de 36 meses desde la fecha de cierre, la empresa concesionaria deberá presentar a la entidad un cronograma con las actividades de construcción con un horizonte mínimo de cinco años y que se actualiza en función del pronóstico de demanda (sin modificar el horizonte) el 30 de enero de cada año. Además, el numeral 9.2 precisa que estas obras deben ejecutarse de conformidad con los términos del Anexo N°7.

**Tabla 2. Definiciones de las obras del contrato de concesión**

<b>Obras comprometidas</b>		
Es la parte del Sistema de Distribución que la Sociedad Concesionaria deberá construir y operar, y que deberá cumplir con la Capacidad Mínima, según los parámetros y demás aspectos técnicos que constan en los Anexos N°1, y 2a. Es igualmente llamada Red de Distribución.		
<b>Obras comprometidas iniciales</b>	<b>Obras comprometidas complementarias</b>	<b>Obras del plan de crecimiento comprometido</b>
Es la parte de las Obras Comprometidas que deberá estar construida y operativa para la Puesta en Operación Comercial, que deberá cumplir con la Capacidad Mínima para el primer Año de Operación, conforme a lo dispuesto en la Cláusula 3.1 y que deberá estar en condiciones de suministrar Gas a los Consumidores Iniciales en el Área de la Concesión indicados en el Anexo N°11. Incluye las conexiones.	Es la parte de las Obras Comprometidas cuya ejecución se llevará a cabo luego de la Puesta en Operación Comercial.	Es la parte del Sistema de Distribución que deberá estar construida y operativa en los plazos señalados en la Cláusula 3.1.2 y que estén en condiciones de suministrar Gas al número de Consumidores indicados en dicha Cláusula. Estas obras deberán ejecutar se según los parámetros, capacidad de servicio a consumidores y aspecto técnicos y de seguridad dispuestos por las Leyes Aplicables.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El 21 de octubre de 2011, GNLC y la autoridad concedente suscribieron un contrato de inversión para el desarrollo del proyecto denominado Proyecto de Ampliación del Sistema de Distribución, por la suma de US\$ 23 millones. El proyecto contempló la ampliación de la red principal con 42 km de ducto y un nuevo city gate para servir gas natural en los distritos de Lurín, La Molina, Ate y Manchay.

En el gráfico 4 se presenta la evolución trimestral de la expansión de la red de distribución en los diversos distritos de la Provincia de Lima y de la Provincia Constitucional del Callao hasta junio de 2020, conforme a las inversiones realizadas libremente por el concesionario desde el año 2005 al año 2009; así como las inversiones realizadas con los Planes Quinquenales de Inversión aprobados por Osinergmin y vigentes desde mayo de 2010, mayo de 2014 y mayo de 2018.

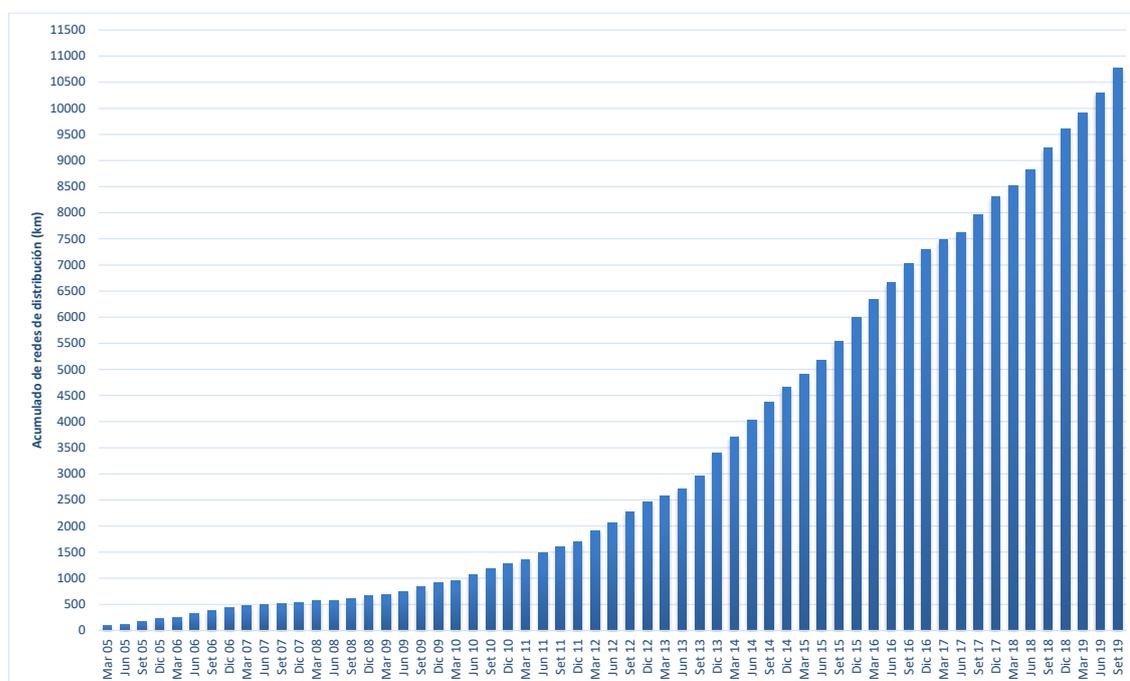
En este gráfico puede apreciarse lo siguiente:

- Al mes de marzo de 2010 la longitud acumulada de las redes de distribución de gas natural, en acero y Polietileno (PE), fue de 955 km resultando con un crecimiento trimestral de 45 km, desde marzo de 2005.
- En el primer período de vigencia del Plan Quinquenal de Inversiones, desde mayo de 2010 hasta abril de 2014, la longitud acumulada de redes de distribución de gas se incrementó en 2.756 km, resultando con un crecimiento trimestral de 172 km.

- En el segundo período de vigencia del Plan Quinquenal de Inversiones, desde mayo de 2014 hasta abril de 2018, la longitud acumulada de redes de distribución de gas se incrementó en 4.814 km, resultando con un crecimiento trimestral de 301 km.
- Dentro del tercer período de vigencia parcial del Plan Quinquenal de Inversiones, desde mayo de 2018 hasta setiembre de 2019, la longitud acumulada de redes de distribución de gas se incrementó en 2.247 km, resultando con un crecimiento trimestral de 450 km.

Como se podrá apreciar, desde el año 2005 al año 2019, el incremento trimestral de las redes de distribución de gas natural se incrementó en 10 veces, de 45 a 450 km.

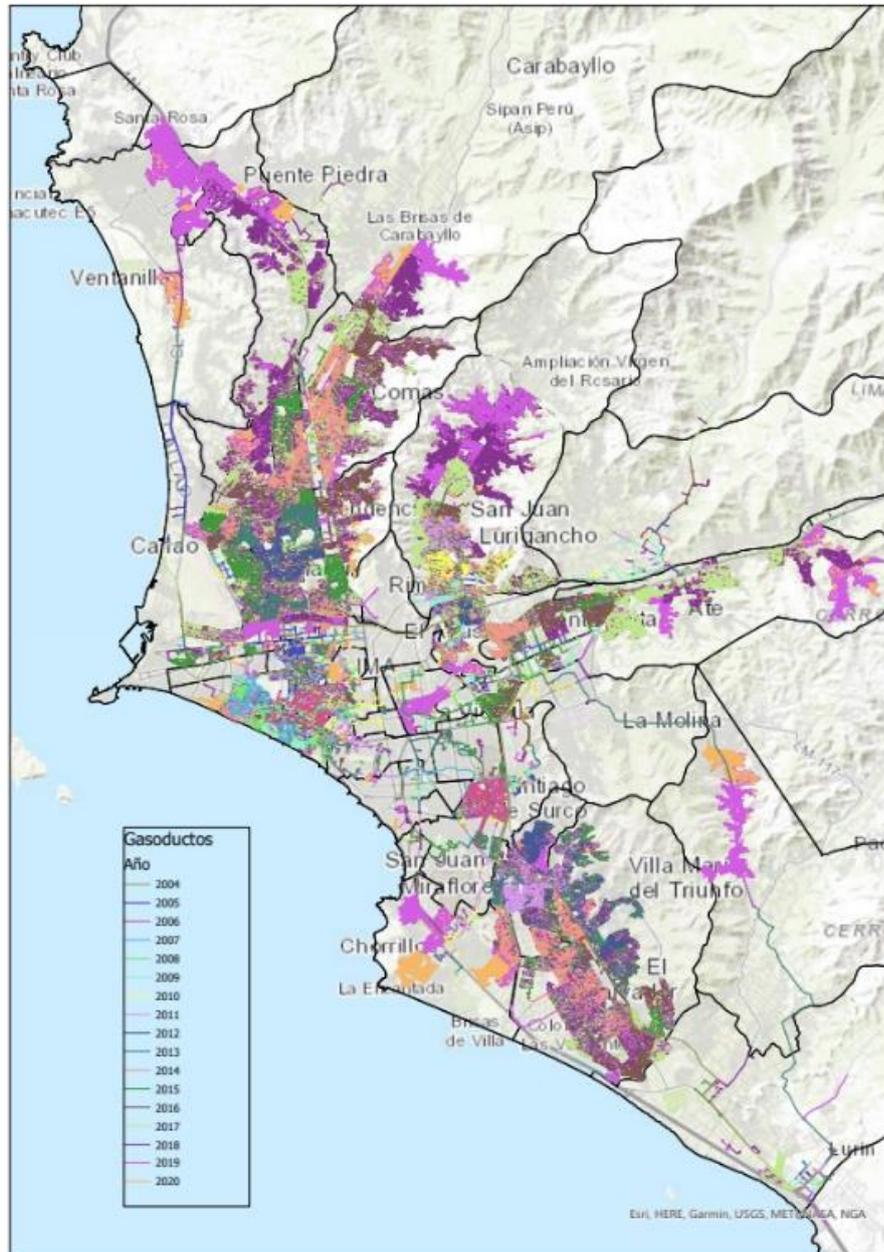
#### Gráfico 4. Expansión de la longitud de redes de distribución de Cálidda en la Provincia de Lima y del Callao



Fuente: Osinergmin, año 2020. Elaboración propia.

En el gráfico 5 se presenta la evolución del desarrollo anual de las redes de distribución de gas natural en los distritos de Lima Metropolitana y el Callao. En los primeros años, 2005 al 2009, el desarrollo la red de distribución de gas natural se orientó hacia los distritos céntricos de dichas zonas; mientras que, desde el año 2010, el desarrollo de dicha red se orientó hacia las zonas de los distritos extremos (conos) donde habitaban familias con ingresos medios, medio-bajo y bajos.

**Gráfico 5. Expansión geográfica de las redes de distribución de Cálidda en la Provincia de Lima y del Callao**



Fuente: Osinergmin, año 2018.

El crecimiento de las redes no tiene que ver con las solicitudes de los clientes (con factores de demanda) porque como bien se dice, se trata de un mercado regulado.

## **2.2 Número de conexiones en el contrato de concesión**

En el último párrafo del numeral 3.1.2, las obras del plan de crecimiento comprometido se hacen exigibles luego de la puesta en operación comercial y obliga a la empresa concesionaria a alcanzar

los siguientes niveles de prestación efectiva de servicio: A los 2 años, a 10.000 consumidores; a los 4 años, a 30.000 consumidores, y a los 6 años, a 70.000 consumidores. Para ello, el literal d), del numeral 3.2.2 del Contrato de Concesión precisa que, dentro del plazo de la puesta en operación comercial, la empresa concesionaria debe presentar a la autoridad un cronograma detallado de la programación de las actividades de construcción por períodos anuales.

Considerando que la fecha de cierre se produjo el día 09 de diciembre de 2000 y la puesta en operación comercial se produjo el 20 de agosto de 2004, los plazos máximos para la ejecución de cada tipo de obras se ceñirían a los siguientes criterios:

- Las obras comprometidas iniciales debían culminarse antes de finalizar agosto del año 2004.
- El plan actualizable de las obras comprometidas complementarias debía presentarse al concedente, como máximo, en diciembre del año 2003 y ejecutarse según el cronograma aprobado.
- Con respecto a las obras del plan de crecimiento comprometido, las metas indicadas debían ser alcanzadas en cada mes de agosto de los años 2006, 2008 y 2010.

**Tabla 3. Relación de consumidores iniciales consignados en el Anexo N°11 del contrato de concesión**

Empresa	Capacidad diaria contractual total (Miles m <sup>3</sup> /d)	Número de plantas
Electroperú S.A.	1.952,00	-
Alicorp S.A.	56,45	2
Sudamericana de Fibras S.A.	79,00	1
Cerámica Lima S.A.	100,00	2
Vidrios Industriales S.A.	58,20	2
Corporación Cerámica S.A.	31,00	2
Cerámicas San Lorenzo S.A.C.	36,80	1

Fuente: Osinergmin, 2014.

Para efectos de los alcances de la construcción, el numeral 1.0 del Anexo N°1 identifica a las obras comprometidas iniciales con la red de alta presión y las conexiones. La ruta de la red de alta presión es referencial, pero se sujeta a un punto de paso obligatorio ubicado a no más de 50 m de la Central de Generación Térmica de Ventanilla. El punto de inicio, o city gate, tiene una ubicación referencial indicada en Pampa Río Seco, a la altura de Santa María del Mar.

**Tabla 4. Definiciones de la red de distribución**

<b>Red de distribución</b>	
Está constituida por la Red de Alta Presión y las Conexiones.	
<b>Red de Alta Presión</b>	<b>Conexiones</b>
Es la parte de la Red de Distribución que une el Punto de Entrega con el punto de inicio de las Conexiones y un punto obligatorio de paso según se detalla en el Anexo N°1. Comprende el City Gate.	Es la parte de la Red de Distribución constituida por las instalaciones desde la Red de Alta Presión hasta las instalaciones de los Consumidores Iniciales. Incluye la Acometida.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El alcance general de las obras comprometidas complementarias se describe en el Anexo N°7 del texto original del Contrato de Concesión y su detalle, al igual que para las obras del plan de crecimiento comprometido, se consigna en los cronogramas aprobados por la autoridad concedente.

El proceso de inversión en infraestructura de la red se acompaña con un esquema de incentivos basado en penalidades, que consta en el Anexo N°6 del Contrato de Concesión y que sanciona la demora en la puesta en operación comercial, la demora en el cumplimiento de cada hito de avance de la ruta crítica de las obras comprometidas iniciales y otros cronogramas detallados, incumplimiento en prestar el servicio al número mínimo de consumidores indicados en el numeral 3.1.2 y otros supuestos.

### **2.3 Modificaciones contractuales respecto a la obligación de clientes conectados**

También en relación con las obligaciones de inversión en la infraestructura de la red, el Convenio de Cesión de Posición Contractual, suscrito el 26 de agosto de 2002, dispuso la modificación de las cláusulas 3.1.2 y 3.1.3 del texto original del Contrato de Concesión, y precisó precisando que (en los plazos establecidos) la empresa concesionaria debía estar en capacidad de prestar el servicio en concordancia con el factor de penetración establecido por Osinergmin. Agregó que, al margen del número de clientes efectivamente conectados a la red, la empresa cumplía con su obligación solo con ejecutar las obras del plan de crecimiento comprometido y poner la red en condiciones de prestar a un consumidor (sin involucrar inversiones adicionales) a su sola solicitud.

La segunda más importante modificación se produjo con la Adenda suscrita el 13 de mayo de 2010, en cuyo numeral 1.4 se declaró que se requería ampliar la capacidad del sistema de distribución por encima de la capacidad mínima, por lo que era necesario introducir un nuevo régimen de tarifas que unifique los cobros realizados por la red principal y las otras redes. Asimismo, se modificó el numeral 3.1.2 del texto del contrato original para introducir un nuevo

compromiso de clientes efectivamente conectados con plazos contados desde la entrada en vigencia de la tarifa única de distribución.

El número de consumidores consignado se consideran adicionales a los que ya se encuentran conectados. El desarrollo de las inversiones para cumplir estas metas de conexión se llevará a cabo de conformidad con el plan quinquenal propuesto por la sociedad concesionaria.

**Tabla 5. Nuevos compromisos de conexión**

<b>Año</b>	<b>Consumidores por año</b>	<b>Consumidores por año acumulados</b>
Al finalizar el primer año	12.000	12.000
Al finalizar el segundo año	15.000	27.000
Al finalizar el tercer año	18.000	45.000
Al finalizar el cuarto año	21.000	66.000
Al finalizar el quinto año	25.000	91.000
Total al quinto año	91.000	

Fuente: Osinergmin, año 2014.

### **3. Incentivos para el crecimiento de la demanda de nuevas conexiones residenciales de gas natural**

Seguidamente, se presentan los incentivos dados por el gobierno para el lograr el incremento de la demanda de conexiones residenciales de gas natural, debido a que la distribución de gas natural por red de ductos es un servicio público dentro de una zona geográfica de concesión otorgada en monopolio por el Estado peruano.

#### **3.1 Mecanismo de promoción tarifaria para la conexión de usuarios residenciales al gas natural – Reducción del costo de acceso**

El mecanismo de promoción tarifaria se implementó desde la regulación tarifaria del año 2009, siendo vigente desde mayo de 2010 con la Tarifa Única de Distribución (TUD). Tiene por finalidad permitir un descuento en el costo total de acceso al servicio de los potenciales consumidores de gas natural que tengan ingresos familiares medio, medio-bajo y bajo. El costo total ofertado por el concesionario era el resultado de la suma de los costos de la Tubería de Conexión (Derecho de Conexión), Acometida (medidor) y la instalación interna. A continuación, se presenta la evolución del descuento de promoción, sin incluir el Impuesto General a las Ventas (IGV):

- En la regulación tarifaria del año 2009 se estableció en US\$ 315.
- En la regulación tarifaria del año 2014 se estableció en US\$ 322.

- En octubre de 2016, dentro del período de vigencia de la regulación del año 2014, el MINEM realizó una modificación para establecer que el descuento de promoción solo cubrirá los costos de la Tubería de Conexión (Derecho de Conexión) y la Acometida (medidor), con lo cual el descuento de promoción se redujo a los US\$ 180. Sin embargo, en la misma fecha, el MINEM implementó el Programa BonoGas para subsidiar en mayor intensidad el costo de la instalación interna.

Para solventar los gastos por la aplicación de los descuentos de promoción, conforme lo establece el artículo 112-a del Reglamento de Distribución de Gas Natural, dentro de las tarifas de los consumidores no residenciales de gas natural se incluye un recargo, que inicialmente fue de 7% en la regulación del año 2009 de Osinergmin, que permita recaudar un flujo de dinero que cubra la aplicación de los descuentos de promoción por parte del concesionario. Por períodos, trimestrales, Osinergmin realiza los ajustes al recargo tarifario señalado, con el fin de que los ingresos y gastos del mecanismo de promoción se encuentren en positivo.

La cantidad de beneficiarios del descuento de promoción es establecida por Osinergmin en la regulación tarifario, por medio del Plan de Promociones. Inicialmente, en el año 2009, la cantidad de beneficiarios se estableció en 15.000 conexiones al año; sin embargo, ante el éxito de la promoción, mediante el Decreto Supremo N°009-2012-EM, el MINEM incrementó la promoción a 120.000 conexiones al año. Posteriormente, en la regulación de los años 2014 y 2018, la cantidad de beneficiarios se estableció en 93.000 y 70.000 conexiones al año, respectivamente.

### **3.2 Programa Bono Gas del FISE en Lima y Callao**

El BonoGas es un programa creado por el MINEM dentro del Programa Anual de Promociones del Fondo de Inclusión Social Energético (FISE), el cual se inició el 04 de octubre de 2016 en Lima y Callao para favorecer a 500.000 conexiones en cinco años y que se ha ido incrementando posteriormente. Este programa tiene por objetivo financiar y subsidiar parte del costo de la instalación interna a los potenciales usuarios, con fines de reducir el costo de acceso al servicio de gas natural.

En la tabla 6 se muestra el costo de las instalaciones internas que son reguladas por Osinergmin, el cual sirve de base para que el FISE contrate o realice convenios con las empresas constructoras de instalaciones internas domiciliarias. Estas empresas ofrecen y construyen la instalación interna

a los potenciales usuarios, siendo su trabajo cancelado por el FISE al culminar su trabajo con la respectiva recepción por parte del concesionario.

**Tabla 6. Costo máximo de la instalación interna en Lima y Callao a Junio 2020 - Con IGV**

Servicio Integral de Instalación Interna	Precios Máximos sin IGV (S/)		
	Un Punto (*)	Dos Puntos (**)	Tres Puntos (**)
Empotrado	991,23	1342,97	1675,45
A la vista	902,09	1234,90	1547,97

Fuente: Osinergmin, 2020.

Los usuarios beneficiados con el BonoGas solo devuelven al Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) un porcentaje del financiamiento de la construcción de la instalación interna en la vivienda del usuario para conectar uno o dos artefactos, mediante cuotas mensuales por el período de 10 años, conforme se muestra en la tabla 6. La devolución por el financiamiento de la instalación interna es el resultado de restar el costo de la instalación interna menos el valor del subsidio asignado al usuario según su ingreso familiar.

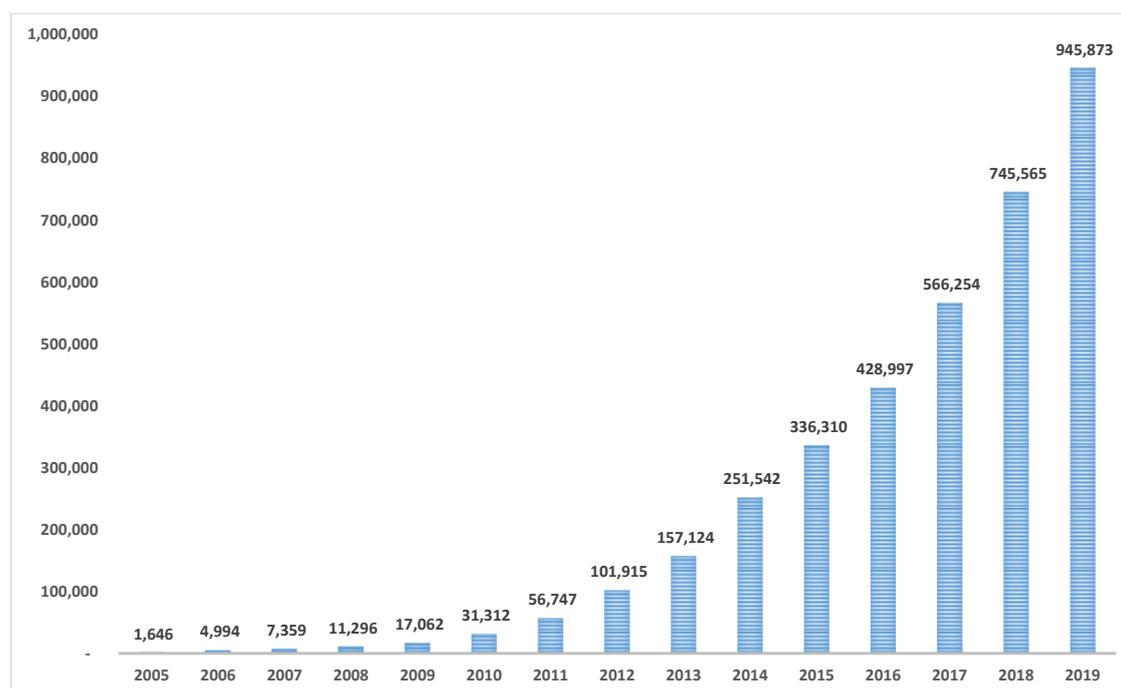
El subsidio del FISE a los usuarios se realiza en función del nivel de ingreso familiar de la vivienda, pudiendo ser calificado como de estrato bajo, medio-bajo o medio, según la estratificación de las manzanas de los distritos hechas periódicamente por el INEI. La devolución del financiamiento se realiza de la siguiente manera:

- **Estrato bajo.** Financiados al 100%, sin devolución.
- **Estrato medio bajo.** Financiados al 100%, con devolución del 25% a través del recibo del consumo de gas natural.
- **Estrato medio.** Financiados al 100%, con devolución del 50% a través del recibo del consumo de gas natural.

#### **4. Evolución de los usuarios residenciales de gas natural en Lima y Callao**

En el gráfico 7 se presenta la evolución anual del número de usuarios residenciales en la concesión de Lima y Callao, correspondiente a las Categorías Tarifarias A1 y A2, de hasta 30 m<sup>3</sup>/mes y de 31 a 300 m<sup>3</sup>/mes respectivamente. En este gráfico puede apreciarse que, en gran magnitud, el crecimiento sostenido del número de usuarios residenciales se inicia en el año 2010. En el año 2009, el número de usuarios residenciales fue de 17.062, mientras que al año 2019 el número de conexiones se incrementó considerablemente hasta las 975.876.

**Gráfico 6. Evolución anual del número de usuarios de gas natural en Lima y Callao**



Fuente: Osinergmin, 2020.

En la tabla 7 se presenta la evolución de la ratio (factor) de penetración de las redes de distribución de Cálidda. La información de clientes conectados y potenciales ha sido tomada de las publicaciones informes anuales de Promigas, que cita como fuente a Cálidda. Al respecto, la empresa Promigas, en su Informe del Sector Gas Natural en el Perú 2020, define lo siguiente: «[...] El ratio de penetración de la red es medido como el número de clientes conectados sobre el número potencial de clientes que están situados dentro de un área próxima a la red de distribución».

**Tabla 7. Ratio (factor) de penetración del servicio de gas natural en Lima y Callao**

Año	Datos de Cálidda		
	Clientes potenciales	Clientes conectados	
2007	-	-	13%
2008	-	-	16%
2009	-	-	20%
2010	-	-	28%
2011	-	-	37%
2012	244.000	104.000	43%
2013	331.000	164.000	50%
2014	466.000	255.000	55%
2015	609.000	345.000	57%
2016	747.000	438.000	59%
2017	828.000	577.000	70%
2018	960.000	761.000	79%
2019	1.081.000	953.000	88%

Elaboración: Propia, 2021.

## **Capítulo III. Revisión de la literatura y marco teórico**

### **1. Revisión de la literatura**

En esta sección del trabajo se presentan tres casos entre nacionales e internacionales sobre la demanda de gas natural domiciliario. En todos los casos se busca encontrar la explicación de la mayor o menor suscripción al servicio de gas natural para uso doméstico.

En el caso de Irlanda, se trata de averiguar qué factores clásicos, como la extensión de la red, incremento de los ingresos, precios de sustitutos, y otros menos clásicos, propios de la particularidad del país, como la variación del clima o la variación en el alquiler de viviendas, afectan la adhesión de los hogares al gas natural. El caso de Talara es más parecido al de Lima en los inicios de la expansión del servicio de gas natural domiciliario, en el sentido de que en la ciudad norteña no existe red de gas natural domiciliaria, pero se trata de ver la disposición a pagar y qué otros factores estarían detrás. Finalmente, en el caso de la ciudad de Cartagena, donde ya existe una amplia conexión al gas natural residencial, se analizan las variables influyentes en el menor consumo promedio de gas por hogar que se ha venido experimentando últimamente.

Esta revisión puede ayudar a un sustento empírico, adicional o complementario al marco teórico, de las variables propuestas para la presente tesis como determinantes de la demanda de gas natural de uso residencial en Lima en el periodo de análisis.

#### **1.1 Análisis del consumo de gas natural en el sector residencial en Irlanda<sup>1</sup>**

Rogan *et al.* (2012) hacen un análisis del consumo de gas de uso residencial en Irlanda entre los años 1990 y 2008 cuando el consumo creció en promedio 10,2% por año, pasando su participación en los hogares residenciales de 5,1% en 1990 a 21,0% en 2008.

Dado que en Irlanda el sector residencial es un importante consumidor de energía, representa una importante oportunidad para aplicar políticas de eficiencia energética, más si se tiene en cuenta que han sido pocas las políticas implementadas y que como miembro de la Comunidad Europea tiene la obligación de reportar los ahorros de energía ante la entidad europea de energía. Es en este contexto que los autores llevan a cabo un estudio utilizando la técnica del Análisis de Descomposición Estructural (Decomposition Analysis), método recomendado para cuantificar las

---

<sup>1</sup> Rogan *et al.*, 2012: 19-36.

fuentes subyacentes del cambio de variables como niveles de producción, de consumo energético, etcétera; como, por ejemplo, descomponer la tasa de crecimiento del producto agregado por las contribuciones de crecimiento de sus diferentes factores productivos, incluyendo la tecnología (Dietzenbacher y Los 2005:63-86).

Para el consumo residencial de gas en Irlanda, la fórmula utilizada es la siguiente (Rogan *et al.* 2012):

$$\Delta E = E_t - E_{t-1} = \Delta E_{Act} + \Delta E_{int} + \Delta E_{BR} + \Delta E_{wea} + \Delta E_{siz}$$

Donde:

- $\Delta E$  = Cambios en el consumo de gas para uso doméstico.
- $\Delta E_{Act}$  = Cambios en el número de clientes.
- $\Delta E_{int}$  = Cambios en la intensidad del consumo por morada.
- $\Delta E_{BR}$  = Cambios en la regulación para un consumo eficiente en viviendas.
- $\Delta E_{wea}$  = Cambios en el clima.
- $\Delta E_{siz}$  = Cambios en el tamaño de las viviendas.

En los 19 años de análisis, el efecto dominante recayó en la primera variable, cambios en el número de clientes, seguido de los cambios en la intensidad que, como efecto acumulativo al 2008, representaron el 72% y 19% del efecto total, respectivamente. El resto de variables representó en su conjunto el 9% (Rogan *et al.* 2012). La fuerte influencia del número de clientes se puede explicar por la expansión de la red de distribución de gas por buena parte de la isla, así como la mayor oferta de viviendas en el mercado inmobiliario debido al crecimiento económico. No fue posible determinar el cambio en el uso de combustible (petróleo, carbón, leña, etcétera) debido a la falta de data. En cuanto al segundo factor, la intensidad de consumo (consumo promedio por hogar) o uso del gas, dicho factor excluye el tiempo o clima como influenciante, y recoge más bien otros efectos como el crecimiento de los ingresos, la variación relativa de los precios de los combustibles y otros, pero no es clara la influencia de los dos primeros factores mencionados.

En conclusión, la expansión de la red del único distribuidor (en el periodo de análisis) de gas por buena parte del resto del país y la mayor oferta de viviendas explican la mayor parte de la variación en el consumo de gas para uso residencial.

## 1.2 Factores que determinan la disposición a pagar por el servicio de gas natural domiciliario en la ciudad de Talara (2013)<sup>2</sup>

Se pretende determinar la disposición a pagar por tener el servicio de gas domiciliario (básicamente para el uso de cocina y de terma) en la ciudad de Talara. El estudio se llevó a cabo durante el año 2013 por el Método de Valoración Contingente, encuestándose a 196 familias. Este método intenta realizar una valoración directa a través de encuestas. Se consulta a la persona entrevistada por el precio máximo que estaría dispuesta a pagar por un bien para el cual no existe mercado.

La variable dependiente es una variable dicotómica que acepta uno de dos resultados, que para el presente caso son: está dispuesto a pagar por tener gas natural domiciliario (en una determinada cantidad), o no está dispuesto a pagar por tener gas natural domiciliario. En el primer caso, toma el valor de uno (1), en el segundo caso toma el valor de cero (0). Las variables independientes toman valores dentro de rangos específicos, valores discretos o valores de cero (0) o uno (1).

Las variables independientes asumidas para el presente modelo son:

- **Ingreso familiar mensual.** En soles.
- **Situación laboral.** Independiente, contratado, nombrado.
- **Nivel educativo del padre o la madre.** Primaria, secundaria, otros.
- **Edad.** De 18 a 25; de 25 a 35; de 35 a 50; de 50 a más.
- **Miembros del hogar.** 2 a 3 personas, 4 a 5 personas, 5 a más personas.
- **Tipo de combustible.** Balón de gas, leña, electricidad, kerosene.
- **Pago mensual por consumo de gas natural.** S/ 20, S/ 25, S/ 30, S/ 40.
- **Tenencia de vivienda.** Alquilada, propia.
- **Balones de gas licuado consumidos por mes.** Uno, dos, más de dos.
- **Gasto mensual en combustible para cocinar.** S/ 40 a S/ 80, S/ 80 a S/ 120.
- **Aversión al riesgo.** Sin confianza para conexión a gas natural, con confianza (Velasco 2014:103).

De acuerdo a qué opción escoja el encuestado, se asignará un número entre cero (0) y cuatro (4), según el orden de aparición de las opciones.

---

<sup>2</sup> Velasco 2014.

El ámbito de la investigación es la ciudad de Talara, año 2013, con 90.253 familias, siendo la muestra de 196 familias encuestadas. El 75% de las familias utiliza el gas licuado como energía para cocinar y un 10%, electricidad (otros son leña, kerosene). En promedio, las familias gastan S/ 60 al mes en energía para cocina, lo que equivale a un balón y medio de GLP (Velasco *et al.* 2014:117).

En cuanto a la tenencia de la vivienda, el 87% de los entrevistados tiene vivienda propia. En términos de ingresos, casi la mitad de las familias tienen un ingreso de S/ 500 a S/ 1.000; 11% por ciento tiene ingresos superiores a S/ 1.500; 12% tiene ingresos menores a S/ 500.

Luego de aplicarse los estadísticos correspondientes, el criterio de los signos y el nivel de significancia, resulta que las variables que cumplen las pruebas son el Ingreso Familiar, Pago Mensual por Consumo de Gas Natural y el Tipo de Tenencia de la Propiedad (casa propia o alquilada). El modelo logit queda definido en función a las variables anteriormente mencionadas. Los resultados finales demuestran que existen una disposición a pagar por parte de las familias de Talara por contar con el servicio de gas natural, cuyo costo asciende a S/ 30 mensuales, precio por debajo del precio de un balón de GLP.

### **1.3 Determinantes de la demanda de gas natural en el sector residencial en la ciudad de Cartagena (1993-2001)<sup>3</sup>**

Durante la última década de 1990 y la primera del presente siglo Colombia ha venido experimentando una alta penetración del gas natural en el mercado residencial. Entre 1993 y 2001 la demanda creció en un 6,6% anual, y en el sector residencia el crecimiento fue de 8,3%. Para el mismo periodo de tiempo, en el sector residencial, en la ciudad de Cartagena se observó un crecimiento promedio por año de 4,1%; no obstante, el consumo promedio por hogar ha venido cayendo en el mismo periodo de análisis. El objetivo del trabajo de tesis es identificar las variables causantes de esa desaceleración en el consumo promedio mensual, modelando la demanda de gas natural.

La prestación del servicio público de gas natural domiciliario se hace a través de áreas exclusivas otorgadas a los concesionarios, así el mercado de gas en Cartagena tiene características de monopolio. Solo los estratos más bajos (estrato 1 y estrato 2) son sujetos a subsidio. En ningún caso se otorga subsidio a los consumos superiores al consumo básico (20 m<sup>3</sup>). La tarifa se fija en

---

<sup>3</sup> Vergara y Hernández, 2002.

dos partes, un costo fijo y uno variable. El excedente sobre el costo económico del gas natural que pagan los usuarios comerciales e industriales sirve para subsidiar a los estratos más bajos (Fondo de Contribución de Solidaridad). Además, los estratos 5 y 6, los más ricos, subsidian igualmente. Los estratos 3 y 4 no subsidian ni son subsidiados (Vergara y Hernández, 2002:26).

La técnica que se va a utilizar para determinar las causas en la desaceleración del consumo de gas natural residencial será un cuestionario estructurado aplicado a través de entrevistas personales. De una población de 121.240 usuarios, la muestra será de 900 usuarios, con una confiabilidad del 99%, error muestral de 5%. La muestra se realizará por estratos. El objetivo de la encuesta es encontrar las razones subyacentes en el comportamiento de la demanda de gas natural residencial, en aspectos asociados como:

- La cocina (frecuencia de uso, tiempo de uso, otros).
- Tecnología (cocinas más consumo eficiente de gas).
- Tarifa del gas natural residencial.
- Tarifas de energías sustitutas.
- Ingreso de las familias.
- Expansión de la red.
- Índice de construcción de viviendas.
- Nivel de equipamiento del hogar.
- Fluctuaciones de la demanda por migración, deserción (Vergara y Hernández, 2002:43).

A manera de ejemplo, se presenta la siguiente pregunta acerca de cuál es la razón por la cual el dueño del hogar considera que el tiempo dedicado a la cocción de alimentos en casa ha aumentado. Las posibles respuestas son: hay más personas en casa; menos pedidos de comida a domicilio (*delivery*); consumen más alimentos naturales (no precocidos); permanecen más tiempo en casa, otras razones. Y así, similarmente, existen preguntas y opciones de respuesta asociadas a las otras variables.

Luego se estiman por regresiones lineales simples el nivel de correlación entre las distintas variables descritas líneas arriba. A continuación, mediante la prueba de bondad de ajuste (Chi cuadrado), se establece cuan bien se ajustan los datos observados en las encuestas con los datos esperados, mediante tablas de contingencia (Vergara y Hernández 2002:55). Los detalles técnicos pueden ser consultados accediendo al trabajo de tesis. A continuación, se resumen los resultados del trabajo (Vergara y Hernández 2002:63).

La conclusión más importante es que la adopción de cocinas más ahorradoras de consumo tiene un impacto muy importante; es decir, la tecnología ha influido notoriamente en la desaceleración del consumo de gas natural residual. La migración de gente y familiares (debido a la desaceleración de la economía) que dejan sus hogares para convivir con otros familiares afecta el consumo de gas natural a la baja. Por un lado, hay mayor número de personas por hogar; sin embargo, por otro lado, hay menos hogares con consumo de gas. El efecto neto sugiere que es más fuerte la reducción de hogares.

Respecto a los precios, se observa inelasticidad de la demanda de gas natural ante los precios de los bienes o energías sustitutas. Los usuarios consideran que, a pesar de los cambios relativos en precios, la instalación ya hecha en los hogares de gas natural disuade de abandonar ese tipo de energía, además de considerarlo más seguro y menos contaminante. Por la misma razón, el precio del gas natural no incide en las decisiones de trasladarse a otras fuentes de energía. Respecto a la extensión de la red, no hay resultados claros, tampoco respecto al incremento de la construcción de viviendas. En todo caso, la expansión en ambos casos ha sido lenta comparada con otros años cuando la actividad económica estaba en franca expansión.

Entre las recomendaciones que se proponen para aumentar el consumo de gas natural promedio por hogar se señalan las siguientes:

- Persuadir a los hogares que usan gas propano a cambiarse al gas natural, aceptando como medio pago los balones de gas en tales hogares.
- Promover la venta de gaseodomésticos tales como lavadoras de gas, termas de agua, secadoras, etcétera, o hacer una alianza estratégica entre el oferente de gas y las tiendas comerciales que ofrezcan los gaseodomésticos (cargar en la cuenta del gas natural el pago a plazos de los gaseodomésticos adquiridos).
- Reducir el costo de conexión domiciliaria, considerando la posibilidad que solo cubra los costos de instalación (Vergara y Hernández 2002:65).

#### **1.4 Conclusiones de la revisión de la literatura**

De la revisión de los casos se concluye que en el caso de Irlanda el principal factor detrás del crecimiento del número de hogares suscritos al gas para uso doméstico fue la expansión de la red de distribución del concesionario, así como el sostenido crecimiento económico del país con los consecuentes mejores ingresos del hogar.

En el caso de la ciudad de Talara, el diferencial de precios entre los del gas natural y sus sustitutos sería el factor que más motivaría a pasarse al uso de gas natural para uso residencial. En el caso de Cartagena, si bien el crecimiento de la expansión de la red fue positiva, fue más lenta, y esto se atribuiría a la desaceleración económica general que, a su vez, también afectaría a la expansión de la red. No se encuentra una sensibilidad importante de precios para decidir el cambio de uso de energía doméstica. Finalmente, la reducción en la intensidad del consumo de gas natural dentro de los hogares se debe a un factor tecnológico, como es la aparición de cocinas más ahorradoras de gas natural.

Como se puede apreciar de la literatura revisada, existen factores como los precios (del propio gas natural y sus sustitutos), la extensión del tendido de red y el crecimiento de los ingresos que explican las variaciones de los suscritos al gas natural para uso residencial en mayor o menor medida según el caso que se trate, más allá de otros factores que reflejan las particularidades de un país u otro.

## **2. Marco teórico**

A continuación, se presentan los conceptos teóricos básicos aplicable al trabajo de investigación.

### **2.1 Análisis de demanda de gas residencial**

Para analizar la demanda de gas natural para el mercado residencial se parte de la ecuación clásica de demanda para un bien a consumir en general. La ecuación de demanda marshalliana es la siguiente (Mas-Colell *et al.* 1995):

$$x^*(p, w) = \operatorname{argmax}_{x \in B(p, x)} u(x)$$

La demanda de equilibrio que se deriva de la teoría clásica del consumidor incorpora la canasta óptima de consumo tomando en consideración el vector de precios “p” y el ingreso “w” con el que cuenta el consumidor para realizar la adquisición de sus bienes. Esta canasta de consumo óptima (en este caso, el consumo del bien “x”) derivará de la maximización de las distintas posibilidades de consumo (función de utilidad “U(x)”) restringida por la restricción presupuestaria del consumidor “B(p,x)”.

Así, desde la teoría clásica del consumidor se establece que la demanda de un bien es determinada tanto por su precio en relación a otros bienes (vector precios) y por el ingreso que dispone para gastar. Estas dos variables son fundamentales para determinar la cantidad de consumo que se puede alcanzar dentro de la construcción de la demanda de algún bien. Al mismo tiempo, se hace hincapié que la derivación de la citada demanda marshalliana debe cumplir algunos supuestos, tales como la continuidad de la función o curva de indiferencia. Esta continuidad hace alusión a la no existencia de ninguna restricción a la hora de tentar una determinada canasta de consumo en la decisión de elección. Este supuesto es fundamental para que la construcción de la demanda marshalliana se realice de forma adecuada.

Se entiende también que cuando un bien presenta problemas en la continuidad de la función o curva de indiferencia, la posibilidad de aplicar la teoría clásica del consumidor, se torna más difícil. Tal es el caso de la demanda de gas natural residencial en Perú, en un contexto de creación de su propio mercado. Un ejemplo de ello es el siguiente: si se ingresa a una panadería a comprar cierta cantidad de pan Croissant y de pan Ciabatta es muy probable que el tendero ofrezca una cantidad no despreciable de combinaciones posibles entre estos dos tipos de pan. Por ejemplo, podría comprar 4 panes Croissant y 8 panes Ciabatta, o 2 panes Croissant y 14 panes Ciabatta, o ningún Croissant y todos los demás Ciabatta. La única restricción que enfrentaría el consumidor sería su propia restricción presupuestaria  $B(p,x)$ , que es el caso de los mercados completos (Arrow y Debreu 1954).

Por el contrario, cuando se está frente a un mercado por crear, como es el caso del mercado de gas residencial en Perú, los mercados no son completos. Existen, pues, muchos más estados de la naturaleza que diseños contractuales posibles a alcanzar. Si este supuesto no se cumple se infiere que los mercados no son completos al no existir una función o curva de indiferencia continua. No es que las posibles decisiones de consumo no sean factibles en el razonamiento del consumidor (están insertas en su set de decisión), más bien es que no existe el marco regulatorio (y por ende, la infraestructura) para realizar estos intercambios. Es por ello que la demanda del gas natural residencial en Perú se enmarca en esta característica fundamental: no es un mercado completo y, por consiguiente, existen costos de transacción, los cuales solo podrán ser resueltos mediante contratos de concesión claros, predecibles y seguros, para el tendido de la red de distribución del gas. Es por esta razón que la demanda a la que se enfrenta el gas natural residencial en Perú tendrá la siguiente estructura:

$$x^*(p, w, T) = \operatorname{argmax}_{x \in B(p,x,T)} u(x)$$

A diferencia de la demanda marshalliana derivada de la teoría clásica del consumidor, la demanda del gas natural residencial en Perú tiene un componente adicional. Este nuevo componente da cuenta de los costos de transacción que implica enfrentarse a un mercado incompleto. Esta variable está explicitada en la función de demanda del gas con la letra T (*transaction costs*). La idea de la incorporación de esta variable es incluir en la función de demanda de todos los costos que incurre el consumidor para hacer uso del bien demandado, esto es, el servicio de gas natural residencial.

Aquí se podrían incorporar todas las variables contractuales que posibilitan desarrollar la completitud del mercado por crear. Si, por ejemplo, es necesario explicitar dentro de un contrato de concesión las metas por kilómetro de red necesarias para viabilizar el consumo de gas natural, entonces ese arreglo permitirá dotar de continuidad a la función o curva de indiferencia. Esto se logra porque se incorpora certidumbre en la toma de decisión del consumidor posibilitando un determinado nivel de consumo posterior. Así, la demanda del consumidor -en este caso- también dependerá de los arreglos institucionales que se precisen implementar para reducir los costos de transacción involucrados en un mercado incompleto (Williamson 1971: 112-123).

También podría pertenecer a este vector de variables contractuales los costos de acceso que se definirían en un contrato de concesión para proporcionar completitud en el mercado de gas por crear. Estos costos de acceso proporcionan el ingreso al consumo del bien en cuestión, el gas residencial, permitiendo a su vez costear la instalación de la red de transmisión para consumidores finales del gas. Es pues un arreglo institucional, derivado de la suscripción de un contrato de concesión, el que posibilita certidumbre al consumidor de que su utilidad por consumir gas podrá ser garantizada apelando a distintas combinaciones de consumo. Sin este arreglo institucional, el consumidor no estaría seguro de acceder a la red y poder, a partir de allí, gozar del consumo de distintas canastas de bienes, donde el gas natural residencial se comportaría como un componente más de la misma.

Es así que estos arreglos proporcionarían completitud al mercado, permitiendo la posibilidad de consumo del bien por contratar, el gas natural residencial. Es pues importante entender que la literatura institucionalista es muy relevante a la hora de diseñar una función de demanda del gas natural, al ser este marco teórico el que mejor desarrolla los mecanismos que tiene la teoría económica para reducir los costos de transacción (y así completar mercados) a través de la confección de contratos legales.

La función de demanda desarrollada entonces queda como sigue:

$$x^*(p, w, T) = \operatorname{argmax}_{x \in B(p, x, T)} u(x)$$

- $x^*$  es la demanda óptima marshalliana del gas natural residencial en Perú.
- $p$  es el vector de precios de los bienes analizados en el mercado de gas natural residencial lo compondrá el precio en pies cúbicos de gas natural residencial, y el precio de sus sustitutos, como GLP y Electricidad.
- $w$  es el ingreso promedio de los hogares en los distritos que cuentan con red de distribución domiciliaria de gas
- $T$  son los costos de transacción que solucionan los arreglos contractuales entre Calidda y el Estado Peruano que lo compondrá la tarifa de acceso, y el crecimiento de la red, derivado de su compromiso de inversión quinquenal.

Es por ello que la demanda del gas natural residencial en Perú tendrá tres componentes:

- **Componentes propios de la Teoría Clásica del consumidor ( $p, w$ ).**
- **Demanda Marshalliana.** Componentes derivados de la Teoría de los Costos de Transacción ( $T$ ).
- **Costo de acceso.** Oferta de red, como arreglo institucional para cubrir la incompletitud del mercado por crear.

A continuación, el desarrollo teórico de cada uno de estos componentes:

- **Demanda Marshalliana.** Dentro de la demanda marshalliana se encuentran tres variables que dan cuenta del vector de precios de la ecuación de demanda expuesta líneas arriba: el costo de acceso (proxy del precio del gas natural); el ahorro de gas natural en relación al consumo GLP; y el ahorro del gas natural en relación al consumo de energía eléctrica. Para el primer caso (costo de acceso), se trata del costo en que tiene que incurrir el consumidor final residencial para conectarse a la red de gas natural extendida por la empresa Calidda. Este costo de acceso o de instalación implicará la barrera del consumidor para que éste haga uso de la molécula de gas que pasa cerca a su residencia; es por tal motivo que se espera que mientras más barato sea el costo de acceso, el número de clientes a animarse a conectarse a la red crecerá. Este costo funciona como el pago inicial que se realiza en un parque de diversiones para poder hacer uso, luego del consumo marginal de cada juego que se usa

mientras se encuentra en dicho parque de diversiones. Este pago no asegura una determinada cantidad de consumo, solo posibilita su futuro consumo al estar conectado con la red. Planteado de esta manera, el coeficiente correspondiente representa la elasticidad-demanda del gas natural, con la sola particularidad de que esta variable no es strictu sensu un precio de consumos marginales, sino una tarifa para acceder al mercado (por ende, luego consumir). Al mismo tiempo, la cantidad demandada aquí no se expresa en términos de pies cúbicos de consumo de gas natural residencial en Lima Metropolitana, sino en el número de clientes nuevos que posibilita un determinado costo de acceso, entre otras variables por analizar. Por otra parte, se encuentran las elasticidades-ahorros derivadas del modelo de demanda. Existen, pues, dos variables que dan cuenta del ahorro en soles que se logra al consumir gas natural en vez de GLP, o energía eléctrica (en el caso de Perú, mayormente proviene de hidroeléctricas).

- **El costo de acceso.** Aunque esta variable podría ser explicada a través de la teoría de contratos (costos de transacción), en el presente trabajo se ha considerado tomarla como un proxy del precio del gas natural residencial. Lo interesante en esta sección es discutir porqué sería relevante teóricamente incluir el costo de acceso y no el precio del metro cúbico de gas natural. Una sencilla razón probablemente sería que, al modelarse como demanda del gas, en número de clientes conectados a la red, la variable relevante, para analizar cuántos clientes más logran adherirse al tendido de red, es el costo de acceso y no el precio por pie cúbico de gas natural. Una cosa distinta habría sido si la demanda se hubiera modelado en términos de pies cúbicos por consumidor en la industria de gas natural residencial en Callao y Lima Metropolitana. En esta situación, muy probablemente, la variable relevante habría sido el precio del gas por pie cúbico.
- **La oferta de red (subsidio e infraestructura de red).** Un acápite relevante a analizar es el tema de los arreglos institucionales insertos en el contrato de concesión para la distribución de gas natural residencial. Algunos autores tales como Xia y Wang (2020) sugieren que la optimización y el ajuste de mercado del consumo de energía (su infraestructura y su intensidad del consumo) dependen en última instancia de las inversiones ex ante pactadas entre el regulador estatal y la empresa concesionaria. Este hecho trae necesariamente a la discusión la pertinencia de incorporar variables que den cuenta de este hecho estilizado como dado. Es importante acotar que el contrato de concesión establece que existe un subsidio al costo de acceso proporcionado por el Estado peruano para que se abarate el ingreso de las familias a la red. Esta situación es un arreglo relevante para la configuración de la demanda determinado en el contrato de concesión. Se supone que mientras más subsidiado esté ese costo de acceso, será más atractivo para las familias conectarse a la red de transmisión de gas natural. Al mismo tiempo, el propio tendido de la red, reglamentado por los programas quinquenales de

inversión, posibilita la incorporación de nuevos clientes a la misma. Es por ello que se torna ineludible incorporar ambas variables en la modelización de la demanda de gas natural residencia. Ellos recogen todos los arreglos institucionales establecidos en el contrato de concesión y que se toman como dados para efectos de la demanda de gas.

- **Ingreso mensual de las familias.** Una última variable relevante en la modelización de la demanda de gas natural es el ingreso mensual de las familias en los distritos que consiguieron adherirse a la red de transmisión del gas natural. Es de esperarse que a mayor ingreso dispongan las familias, éstas opten por bienes y servicios más sofisticados para los arreglos de hogar. Es por ello que se espera que con la incorporación de distritos con mayor capacidad adquisitiva estos se animen por la adherencia a la red de distribución de gas natural residencial. No está claro, sin embargo, qué impacto tendría la masividad de la conexión de la red en la elasticidad-ingreso de demanda de gas natural. Puede ser que a medida que se logre mayor masividad de las conexiones, se ganen economías de redes lo que animaría a las familias que tengan los suficientes ingresos familiares a conectarse en la red. De este modo, mayor tendido de red, implicaría una elasticidad ingreso mayor justamente porque más familias tendrían los incentivos a conectarse dado que su vecino que tiene similar o mayor ingreso que el de su hogar también se habría animado a conectarse.

## 2.2 Arreglos institucionales

Desde lo desarrollado líneas arriba se puede conjeturar que cuando existen mercados incompletos se requieren arreglos contractuales para poder proporcionar predictibilidad en la inversión de alguna infraestructura masiva y permitir la creación, finalmente, de un mercado sobre dicha infraestructura. Muchos ejemplos de estos arreglos existen alrededor del mundo. Sin embargo, dos esquemas destacan a la vista: el norteamericano y el europeo (Vázquez *et al.* 2012).

El primer esquema, el norteamericano, define los derechos de acceso a la red (que finalmente posibilitan la creación del mercado) *ex ante*, esto es, previo a cualquier transacción comercial. Los operadores de la red de transmisión del gas natural definen la manera cómo se van a conectar con la red a través de cláusulas contractuales preestablecidas. A este esquema se le conoce como “*contract of carriage*”.

El segundo esquema, el europeo, no define derechos de acceso a la red de forma específica, ni *ex post* ni *ex ante*. Delega el arbitraje de las disputas entre los operadores de la red de transmisión de gas natural a un regulador. Es esta institución gubernamental la que dirimiría los conflictos para

acceder a la red de transmisión. Este esquema permite mucha flexibilidad a la hora de enfrentar algún acontecimiento no previsto en una estructura contractual; sin embargo, genera poca predictibilidad a los incentivos para la inversión de los operadores para mejorar su eficiencia. El referido regulador, por último, definirá si los derechos de acceso a la red serán débiles o fuertes, flexibles o fijos, detallados o no, exclusivos, no exclusivos, rivales, no rivales. A este segundo esquema se le conoce como “*common carriage*”.

Estos arreglos institucionales son básicos para poder entender la forma de cómo los costos de transacción son asumidos en un mercado. Por ejemplo, si los costos de acceso a un mercado por parte del consumidor los determina el contrato que ha firmado el operador con el Estado peruano o con el operador de la red de transmisión, pues la manera cómo se desenvuelva la demanda dependerá de los incentivos que regule dicho contrato en el operador final del gas natural residencial. Si por el contrario, no es el contrato de concesión el que define el costo de acceso sino la regulación periódica de un regulador estatal centralmente dirigido por el Estado, pues el desenvolvimiento de la demanda dependerá del espacio institucional que proporcione el regulador para el desarrollo del mercado.

Independientemente de cuál sea el arreglo que se elija (el europeo o el norteamericano) el costo de acceso será un costo de transacción a ser contemplado para lograr completitud en el mercado por crear (lograr que el mercado sea completo). Al mismo tiempo, la forma cómo los nodos de transmisión se interconectan para operar determinará los incentivos de crecimiento de la red para el operador de la distribución final de gas natural residencial.

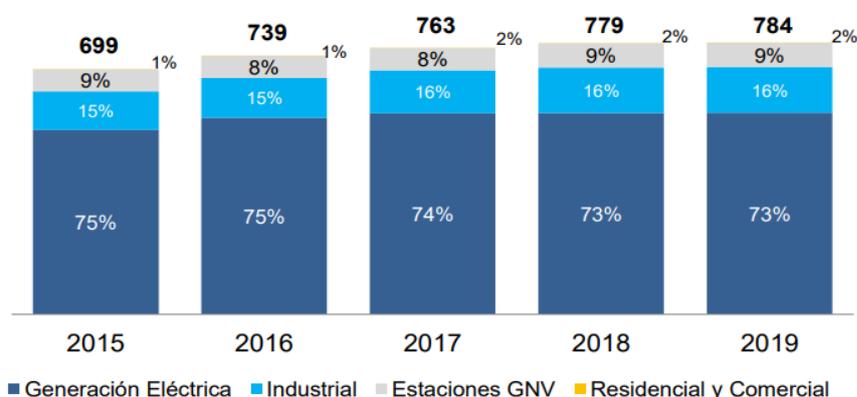
Es distinto, por ejemplo, cuando el operador pertenece a una red descentralizada con distintos operadores entrando y saliendo en todo momento, que cuando éste pertenece a una red de un solo operador. Los incentivos de mercado, por ejemplo, cuando hay uno solo no existen y por ello, la presencia del regulador se torna imprescindible. Tal es el caso de Perú hasta la fecha donde Cálidda, que es el operador de la distribución final de gas natural residencial, puede obtener su gas de un solo operador de transmisión, que en este caso es Transportadora de Gas del Perú (TGP). Es básicamente por esta razón que la forma de cómo crezca la red de conexión para la transmisión de gas natural residencial en Lima Metropolitana e Ica, dependerá de lo que determine el regulador del sector en los ajustes contractuales que cada cinco años se realizan con el operador de transmisión del gas final.

A modo de síntesis, para el consumidor, los aspectos o arreglos institucionales (como el costo de acceso, el tendido de red u oferta ex ante) son exógenos al consumidor, viene establecidos por los acuerdos contractuales entre el regulador o concedente y el concesionario. No se trata de un mercado libre donde las fuerzas del mercado a través de la interacción de la oferta y la demanda determinan precios y cantidades. La oferta está dada previamente, como se dijo, por los acuerdos institucionales. Luego, los usuarios se van conectando sobre las redes existentes en cada momento; es decir, sobre esa oferta previamente determinada según los planes quinquenales acordados entre gobierno y concesionario. Este incremento en el número de suscritos al servicio de gas natural para uso residencial dependerá, por lo tanto, de los precios relativos de las diferentes fuentes de energía para el hogar, del costo de acceso de la red al domicilio, del ingreso de las familias y de la disponibilidad de red. Sin esta última, previamente determinada, no se garantiza la continuidad en las elecciones de las familias por la utilización del gas natural.

### 2.3 Algunos hechos estilizados

El 02 de mayo de 2002 la empresa Cálidda firmó el contrato de concesión sobre la distribución de gas natural con el Estado Peruano. Se integraba la cadena de explotación del gas natural en Perú (Perú LNG), con el sistema de transmisión (Transportadora de Gas del Perú S.A) y con la distribución del mismo. Esta distribución podía otorgarse a clientes de generación eléctrica, de gas vehicular, comerciales, industriales y residenciales. Por la propia naturaleza del negocio, Cálidda prioriza la distribución a sus clientes con mayor rentabilidad, esto es, clientes de generación eléctrica y de gas vehicular. Esto se puede apreciar en el gráfico

**Gráfico 7. Distribución del volumen facturado del gas natural**



Fuente: Cálidda, 2020.

La distribución del volumen facturado es proporcionalmente marginal en los sectores residencial y comercial. Este hecho estilizado en la dinámica de comercialización del concesionario obliga a que el regulador del sector establezca planes quinquenales de expansión de la red, tanto para clientes comerciales como residenciales.

De acuerdo a la Memoria 2019 de Cálidda (2020), el número de clientes que hasta esa fecha tenía la empresa ascendían a 952.682, entre comerciales y residenciales. Este nivel de penetración es muy probable que no se hubiera realizado si el regulador no hubiera establecido parámetros claros sobre los niveles de inversión que la empresa tiene que realizar cada año a través de su plan quinquenal de inversiones, con base a la adenda suscrita en el año 2010 (MINEM 2010).

Antes de la concesión del contrato BOOT de gas natural no existían los incentivos necesarios para el desarrollo del mercado de gas residencial en Perú. Es pues a través de este vehículo contractual que es posible “completar” los distintos escenarios posibles para que la demanda pueda ser satisfecha a través de este tendido de red, aunque consensuado, y finalmente de cumplimiento obligatorio.

La literatura que desarrolla este esquema se le conoce como *bundled contracts* y se estila que se realice en sectores donde los distintos clientes a atender comparten una misma infraestructura. Tal es el caso de la distribución del gas natural, la cual sería ineficiente si se extendieran tuberías paralelas para cubrir dos clientes disímiles, industriales y comerciales, por ejemplo. Es por ello, que se aprovechan estas economías de ámbito para proporcionar infraestructura a mercados incompletos o poco desarrollados, como es el caso del gas natural residencial en Perú. «[...] *the owner wants long-term commitments from the firm's counterparties to protect the value of her investments in the bundle*» (Ayotte y Hansmann 2015). En este caso, el cuasi-propietario es el Estado Peruano que necesita que el concesionario se comprometa a preservar el valor de su inversión compartida, la inversión en infraestructura de transmisión de gas natural residencial peruano.

Al ser esta una relación de largo plazo (entre el Estado Peruano y el concesionario) se requiere de arreglos los suficientemente poderosos para poder completar el mercado, y preservar la intangibilidad de la inversión que se va a realizar. Existen muchas maneras de generar incentivos para la cooperación entre agentes económicos disímiles. Por ejemplo, se pueden establecer relaciones de largo plazo entre pares, como las desarrolladas en las transacciones comerciales marítimas o se puede tratar de establecer algunos marcos legales lo suficientemente fuertes en

términos institucionales de asegurar el cumplimiento de contratos entre partes (Deakin *et al.* 1994). Este último arreglo permite resolver un problema de costo de transacción que se presenta a la hora de no generar los incentivos necesarios para la creación de un mercado aún inexistente.

Siguiendo a Williamson se puede conjeturar que cualquier problema relacionado con contratos puede ser enfocado desde la teoría de los costos de transacción. Si hay algo no resuelto por los mercados, existe una rigidez que podrá ser abordada por un modelaje contractual, permitiendo la eliminación de algún costo de transacción entre las partes que impida el desarrollo de los mismos: «[...] *any issue that either arises as or can be recast as a problem of contracting is usefully examined in transaction cost terms*» (Williamson 1979). Así, la necesidad de completar un mercado generaría los incentivos entre las partes para construir un vehículo contractual que los blinde de incumplimientos futuros. De esta forma, se trataría de construir una relación de largo plazo de cooperación a través de este vehículo contractual.

*«If it cannot be assumed that co-operation will emerge in circumstances where market enforcement is weak or non-existent, it is necessary to consider instead to what extent it rests upon the development of institutional arrangements of a certain kind and how these interact with individual agency»* (Deakin *et al.* 1994).

Al mismo tiempo, dada la naturaleza marginal en generación de valor para la empresa concesionaria del mercado de gas residencial por crear, se hace necesario encontrar algún arreglo institucional que permita dotar de incentivos al empresario para la construcción de infraestructura necesaria para el desarrollo del referido mercado. Siguiendo nuevamente a Williamson (1979), a veces los arreglos no se pueden desarrollar en marcos convencionales de transacción, lo que impide la creación o profundización de mercados. Esto abre la posibilidad de explorar arreglos muy particulares para alinear incentivos tanto del concesionario como de la entidad concedente, en este caso, el Estado. *«These inherent limits to the use of the law mean that parties have to deploy the threat of various extralegal sanctions to discourage breach: examples include the taking of 'hostage' or collateral to future performance and 'hands-tying' by which the parties deliberately set out to lock each other into the contract by creating relation-specific investments which cannot be deployed elsewhere»* (Williamson 1979).

De este último párrafo se puede inferir que se necesitan arreglos (del tipo *hands-tying*) para proporcionar contratos que faciliten inversiones específicas que no se pueden desarrollar en otro lugar más que en el que las partes depositan su esfuerzo. Este es el caso de los planes quinquenales

anteriormente mencionados en los que el concesionario se compromete a realizar inversiones de tendido de red para gas natural residencial en las ciudades de Lima y Callao, además de alrededores.

Estos planes quinquenales, que tienen que ser aprobados por el órgano regulador, minimizan el riesgo de inversión del concesionario al darle predictibilidad al crecimiento orgánico de la red, así como aseguran el desarrollo y la penetración de la infraestructura de red de gas residencial, permitiendo una mayor posibilidad de demanda en el referido mercado. Este marco legal no puede ser desafiado por las cortes del país, lo que genera incentivos para su cumplimiento. El riesgo regulatorio entonces está acotado y debidamente asignado.

## **Capítulo IV. Experiencia internacional - Caso Colombia**

En el presente capítulo se presenta la implementación y los resultados de la masificación de gas natural en Colombia, específicamente en la ciudad de Bogotá. También se presenta una comparación de los resultados obtenidos por Colombia, en la masificación del gas natural residencial, con relación a otros países de Latinoamérica, incluido el Perú.

### **1. Comparación de la evolución del número de conexiones de gas natural en Colombia y otros países de Latinoamérica**

Para el análisis de la evolución del número de conexiones de gas natural en Colombia y otros países de Latinoamérica, que se presenta seguidamente, se ha empleado la información elaborada por Quantum América Corp, obtenida desde la página web [www.quantumamerica.com](http://www.quantumamerica.com), utilizando fuentes de información públicas extraído de <https://quantumamerica.com/benchsmart>. En la tabla 8 se presentan los avances de la masificación del gas natural en el sector residencial de Colombia y de otros países latinoamericanos, donde se aprecia que Colombia y Argentina son referentes de la masificación de gas natural en el sector residencial. Argentina tiene una ratio de cobertura de viviendas conectadas al gas natural de 62%, mientras que Colombia tiene una ratio de 50% que ha sido calculado a partir de la totalidad de viviendas existentes geográficamente en cada país, estimada en función del número de habitantes y la cantidad de habitantes por vivienda.

Sin embargo, a diferencia de Argentina, Colombia logró la masificación del gas natural con la participación de empresas privadas y un plan nacional de masificación que se aplicó por continuos gobiernos; además, empezó su proceso de masificación de gas natural en el sector residencial en la década de 1970, posterior a la iniciada por Argentina con iniciativa estatal de la década de 1950.

Adicionalmente, en dicha tabla puede apreciarse que Perú tiene una ratio de cobertura de viviendas conectadas al gas natural de 11%, muy inferior al logrado por Colombia de 50%. Sin embargo, es necesario precisar que Colombia inició su plan de masificación residencial en el año 1992, mientras que en Perú se inició en el año 2005.

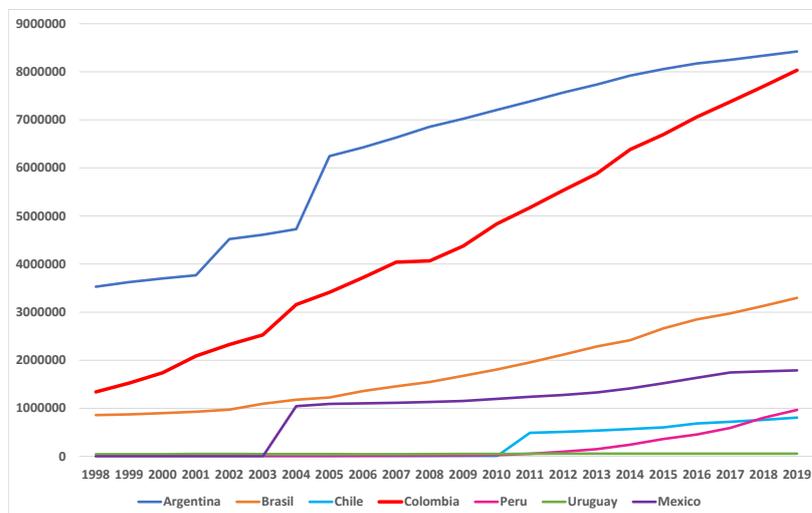
**Tabla 8. Clientes residenciales por vivienda en los principales países de Latinoamérica al año 2019**

País	Clientes residenciales	Habitantes	Personas por vivienda	Ratio: Clientes residenciales / Viviendas
Argentina	8.423.034	44.494.500	3,3	62%
Colombia	8.034.062	49.648.680	3,1	50%
Brasil	3.296.763	209.469.330	3,3	5%
México	1.789.521	126.190.790	3,2	5%
Perú	967.874	31.989.260	3,7	11%
Chile	806.273	18.729.160	3,1	13%
Uruguay	56.953	3.449.300	2,8	5%

Fuente: Quantum América Corp., año 2020.

En el gráfico 9 se presenta la tendencia lineal de la evolución anual de clientes residenciales en Colombia y en otros países. Puede apreciarse la mayor pendiente y el crecimiento anual que tiene Colombia respecto a los otros países, con lo cual ha logrado alcanzar una ratio de cobertura de viviendas conectadas al gas natural de 50%. Asimismo, se aprecia la tendencia del crecimiento del número de conexiones en Perú, con una línea de tendencia con pendiente pronunciada desde el año 2010, pero con un acumulado de clientes muy inferior al que tiene Colombia.

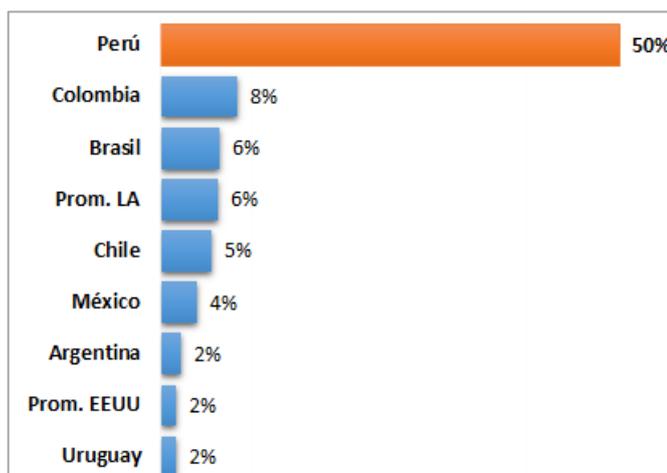
**Gráfico 8. Crecimiento del número de clientes residenciales de gas natural por países en Latinoamérica**



Fuente: Quantum América Corp., año 2020.

En el gráfico 10 puede verse la tasa de crecimiento promedio anual de Colombia y de otros países de Latinoamérica, para el período 2006 al 2019. Colombia tiene una tasa de 80% y Perú una tasa de crecimiento de 50%; sin embargo, se debe tener presente que al año 2006 Colombia ya había logrado conectar una gran cantidad de usuarios residenciales que usan el gas natural, lo cual se presenta en detalle en el siguiente sub capítulo.

**Gráfico 9. Tasa de crecimiento de clientes residenciales – Promedio anual 2006-2019**



Fuente: Quantum América Corp., 2020.

## 2. Evolución del número de conexiones de gas natural en Colombia

A continuación, en la tabla 9 se presenta la evolución del número de conexiones de gas natural por departamentos en Colombia de 1999 a 2019. Allí se observa que, al año 2019, Bogotá es el departamento con mayores conexiones de gas natural en Colombia, con 2.074.365 que representa el 21% del total nacional.

**Tabla 9. Evolución del número de usuarios de gas natural en Colombia por departamentos 1999-2019**

Años	Departamento						Total
	Bogotá	Antioquia	Valle del Cauca	Cundina-marca	Atlántico	Otros	
1999	632.921	6.970	67.385	51.792	272.489	867.351	1.898.908
2007	1.373.794	340.851	573.924	189.908	395.538	1.737.851	4.611.866
2008	1.449.089	439.132	620.336	216.348	410.562	1.879.914	5.015.381
2009	1.522.346	462.666	664.179	237.995	429.299	2.031.172	5.347.657
2010	1.590.163	566.501	727.967	259.285	436.354	2.187.672	5.767.942
2011	1.657.607	665.890	784.178	290.894	452.382	2.379.335	6.230.286
2012	1.704.176	769.087	835.717	340.492	467.445	2.576.906	6.693.823
2013	1.760.435	881.938	891.640	378.900	492.191	2.761.114	7.166.218
2014	1.820.350	993.063	936.519	461.738	510.028	3.022.891	7.744.589
2015	1.862.662	1.072.018	978.237	502.087	532.880	3.212.671	8.160.555
2016	1.921.407	1.146.855	1.016.636	553.472	554.207	3.435.372	8.627.949
2017	1.982.577	1.211.444	1.055.798	603.652	570.402	3.623.073	9.046.946
2018	2.018.533	1.298.158	1.099.327	647.869	601.295	3.832.621	9.497.803
2019	2.074.365	1.372.469	1.140.771	698.294	628.431	4.035.057	9.949.387
<b>% 2019</b>	<b>21%</b>	<b>14%</b>	<b>11%</b>	<b>7%</b>	<b>6%</b>	<b>41%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Promigas, 2020.

Elaboración: Propia, 2021.

Asimismo, respecto a la evolución del número de usuarios de gas natural en el departamento de Bogotá se tiene la siguiente evolución por períodos de 10 años:

- **Año 1999.** 632.921 usuarios
- **Año 2009.** 1.522.346 usuarios. Incremento de 889.425 usuarios y variación de 141% respecto al año 1999.
- **Año 2019.** 2.074.365 usuarios. Incremento de 552.019 usuarios y variación de 36% respecto al año 2009.

Al respecto, puede apreciarse que en el decenio de 2000 a 2009 se registró el mayor incremento de usuarios de gas natural en el departamento de Bogotá de 141%, luego del cual en el siguiente decenio de 2010 a 2019 se presentó un crecimiento vegetativo anual desde 2% a 4% anual, para acumular 36%. Respecto al factor de cobertura de la red por departamentos de Colombia, factor que mide el número efectivo de conexiones de gas natural respecto a los clientes potenciales que se ubican cerca a la red de distribución de gas natural del concesionario, por lo que Bogotá (que se encuentra en el departamento de Cundinamarca) ha alcanzado un factor de cobertura de la red de 98% en el año 2019.

### **3. Plan de masificación de gas natural implementado en Colombia en el año 1991**

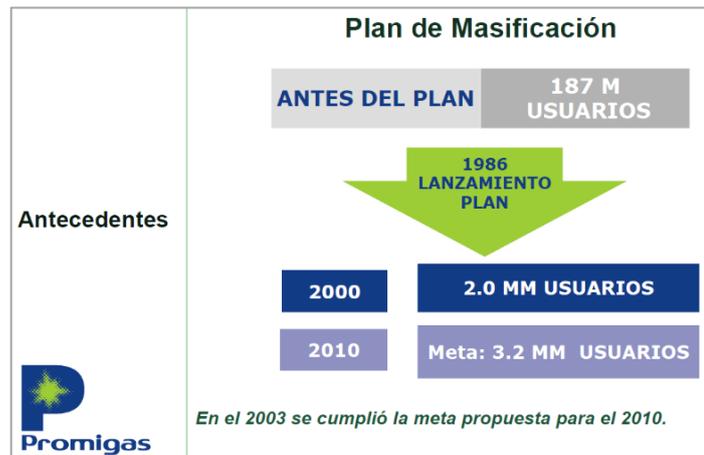
Con base a los resultados de un estudio de la Comunidad Económica Europea, en el año 1991 el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) de Colombia publicó el “Programa para la masificación del consumo de gas”. A continuación, se presentan los aspectos relevantes de este programa, del marco normativo y regulatorio con el cual se ha llevado gas natural de forma masiva a los usuarios residenciales de Colombia.

- El Estado participa en el desarrollo de la infraestructura de transporte de gas natural, construyendo las redes troncales para llevar el gas natural a las grandes ciudades.
- Se establecieron metas de número de usuarios residenciales, por períodos anuales.
- El Estado incentiva la inversión privada en el sector de gas natural.
- La distribución de gas natural se encuentra a cargo de empresas privadas.
- Se ha implementado un plan de masificación de gas natural por iniciativa y con participación económica del gobierno.
- El marco normativo estructura segmentos de negocios de la industria del gas natural, como son producción, transporte y distribución.

- La metodología de regulación tarifaria en Colombia se basa en planes quinquenales de inversiones y subsidios tarifarios cruzados a favor de los usuarios residenciales; así como subsidios inter empresas.

En el gráfico 11, se presenta los primeros resultados relevantes de la implementación del Plan de Masificación de Gas Natural en Colombia, que en el año 2003 ya habían logrado la meta del año 2010 de 3,2 millones de usuarios.

**Gráfico 10. Desarrollo del plan de masificación de gas natural en Colombia**



Fuente: Promigas, año 2018.

## **Capítulo V. Desarrollo del modelo econométrico que explica el incremento de conexiones residenciales en la concesión de Lima y Callao**

En este capítulo se presentan las actividades realizadas para el desarrollo del modelo econométrico, en donde se identifican las variables relevantes que explican el incremento de conexiones residenciales en la concesión de Lima y Callao.

### **1. Selección de las variables independientes a modelar con EViews 10**

El desarrollo del modelo econométrico considera como variable explicada (dependiente) al incremento trimestral del número conexiones residenciales en la concesión de Lima y Callao, variable que ha sido nombrada como DCLIENTES en dicho modelo. La evolución de esta variable es la que se busca simular econométricamente, mediante una función de regresión lineal múltiple, con base a variables explicativas (independientes), las mismas que se identificarán empleando el programa estadístico EViews 10.

Debido a que la variable explicada (dependiente) está asociada a la conexión de un predio con la infraestructura de red de ductos de servicio público, redes de distribución para el suministro de gas natural, dentro de las variables explicativas (independientes) se toma en cuenta las variables de la función de demanda; así como las variables del acceso y servicio universal de un servicio público de redes.

Oestmann y Dymond (2009) señalaron tres elementos fundamentales del acceso y del servicio universal, según lo siguiente:

- **Disponibilidad.** Servicio disponible en las zonas poco pobladas de un país, gracias al recurso a dispositivos públicos, comunitarios, compartidos o personales.
- **Accesibilidad.** Todos los ciudadanos pueden utilizar el servicio, con independencia del lugar en que vivan, así como de su género, discapacidades y otras características personales.
- **Asequibilidad.** El servicio resulta asequible para todos los ciudadanos.

Es necesario tener presente que desde el año 2005, debido a que se empezó a instalar la nueva infraestructura de red de distribución de gas natural en Lima y Callao y a medida de que se iba extendiendo dicha red en avenidas y calles, el Estado implementó diversas políticas que tenían por objetivo promover el acceso al servicio de gas natural en el sector residencial y, por ello,

implementó subsidios de descuento del costo total de conexión y tarifas finales que permitían tener importantes niveles de ahorro (alrededor de 50%) con la sustitución al uso del gas natural.

Para la identificación de las variables explicativas (independientes) se conformaron cuatro grupos de variables potenciales, conforme a lo siguiente:

- **Grupo 1.** Variables relacionadas a la función de la demanda de gas natural, en la competencia con productos sustitutos.
- **Grupo 2.** Variables relacionadas al crecimiento de la red del sistema de distribución de gas natural, relacionadas a la disponibilidad (cobertura) y accesibilidad del servicio que permita la conexión de nuevos suministros a la infraestructura del concesionario.
- **Grupo 3.** Variables relacionadas al pago por acceso al suministro de gas natural, relacionadas a la asequibilidad del servicio.
- **Grupo 4.** Variables *dummy* relacionadas a eventos especiales, normativos y/o regulatorios, ocurridos dentro del período de análisis.

Dentro de los cuatro grupos de variables potenciales, se tiene un total de 15 variables explicativas (independientes) para efectuar las simulaciones en el modelo econométrico EViews 10. Solo seis de estas variables se seleccionaron en el modelo econométrico final, que se presenta en el anexo xx como las variables finales identificadas en la investigación. A continuación, se presenta el nombre y definición de todas las variables potenciales:

- **Grupo 1.** Variables relacionadas a la función de la demanda de gas natural, conformada por las seis variables siguientes:
  - PAGOGNQ. Pago total por el consumo de 12,5 m<sup>3</sup> de gas natural en la concesión de Lima y Callao (en soles), que sustituye al valor energético de un balón de GLP de 10 kg. Se incluye la facturación de suministro (molécula), transporte y distribución de gas natural, más el IGV.
  - PAGOGLP. Pago por un balón de GLP de 10 kg en Lima Metropolitana (en soles), incluye IGV.
  - PAGOEEQ. Pago total por el consumo de 129 kWh de energía eléctrica en Lima y Callao (en soles), que energéticamente sustituye al valor energético de un balón de GLP de 10 kg. Se incluye la facturación de la generación, transmisión y distribución de electricidad, más el IGV.

- AHORROGLP. Ahorro monetario (en soles) del gasto al sustituir un balón de GLP con el gas natural en Lima y Callao, que se calcula como la diferencia de la variable PAGOGLP10KG menos la variable PAGOGNEQE.
- AHORROGEE: Ahorro monetario (en soles) de sustituir 129 kWh de energía eléctrica en Lima y Callao, equivalente a un balón de GLP con el gas natural, que se calcula como la diferencia de la variable PAGOELECEQE menos la variable PAGOGNEQE.
- INGRESODCR: Ingreso promedio mensual por familia (en soles) según la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO) del INEI (año3), del conjunto de distritos en donde la empresa Cálidda ha venido expandiendo progresivamente la red de distribución de gas natural en Lima y Callao y donde existen consumidores de gas natural.
- **Grupo 2.** Variables relacionadas al crecimiento de la red del sistema de distribución de gas natural, conformado por la siguiente variable.
  - DREDESTOT. Incremento trimestral de la cantidad total de redes de distribución de gas natural, en materiales de acero y polietileno, instaladas por Cálidda dentro de la concesión de Lima y Callao (en kilómetros).
- **Grupo 3.** Variables relacionadas al pago por acceso al suministro de gas natural, conformado por tres variables.
  - CTOCONEXSS. Costo total de conexión sin subsidio (en soles) para el suministro de gas natural en el Lima y Callao para el sector residencial. Es la sumatoria del Costo de la Acometida (caja de seguridad, medidor y regulador de presión), Derecho de Conexión (tubería de empalme) e Instalación Interna (tubería) hacia el artefacto gaso doméstico.
  - SUBSIDIO. Monto de descuento (en soles) al costo de total de conexión implementado por el Estado en el marco normativo vigente para la conexión de consumidores residenciales en Lima y Callao. Es la sumatoria de los descuentos del mecanismo de promoción tarifaria que establece Osinergmin en sus regulaciones tarifarias y los descuentos a los costos de las instalaciones internas que se dan por medio del FISE, conforme a los programas anuales del Plan de Acceso Universal de la energía que publica el MINEM.
  - CTOACCESO. Costo subsidiado (en soles) que paga el cliente residencial para acceder al suministro de gas natural en Lima y Callao, que se calcula como la diferencia de la variable CTOCONEXSIN menos la variable SUBSIDIO.
- **Grupo 4.** Variables *dummy*, conformado por las siguientes cinco variables.
  - DUMMYTUD10A14. Variable *dummy*, valores de 0 y 1, para el período de vigencia de fijación de la Tarifa Única de Distribución (TUD) entre mayo de 2010 a abril de 2014. Para este período, Osinergmin aprobó el Plan Quinquenal de Inversiones del

Concesionario y el Plan de Promoción de descuento para la conexión de clientes residenciales en Lima y Callao.

- DUMMYTUD10A22. Variable *dummy*, valores de 0 y 1, para el período de vigencia de fijación de la TUD entre mayo de 2010 a abril de 2022. Dentro de este período, Osinergmin aprobó los Planes Quinquenales de Inversiones del Concesionario y los Planes de Promoción de descuento para la conexión de clientes residenciales en Lima y Callao.
- DUMMYDS09A2012. Variable *dummy*, valores de 0 y 1, para el período de vigencia de la Ampliación del Número de Clientes Residenciales Beneficiados con el Descuento de Promoción Tarifaria, hasta 10.000 al mes, conforme al Decreto Supremo N°09-2012-MINEM (MINEM 2012a). Se aplicó para el período de mayo de 2012 a abril de 2014.
- DUMMYSUBSIDIO. Variable *dummy*, valores de 0 y 1, para el período en la que la empresa Cálidda dejó de aplicar el subsidio de promoción tarifaria para la conexión de clientes residenciales en su zona de concesión, desde abril de 2014 hasta junio de 2016.
- DUMMYFISE2016. Variable *dummy*, valores de 0 y 1, para el período de vigencia del Bono Gas FISE, desde setiembre de 2016 en adelante.

## 2. Recopilación y elaboración de las series estadísticas de las variables

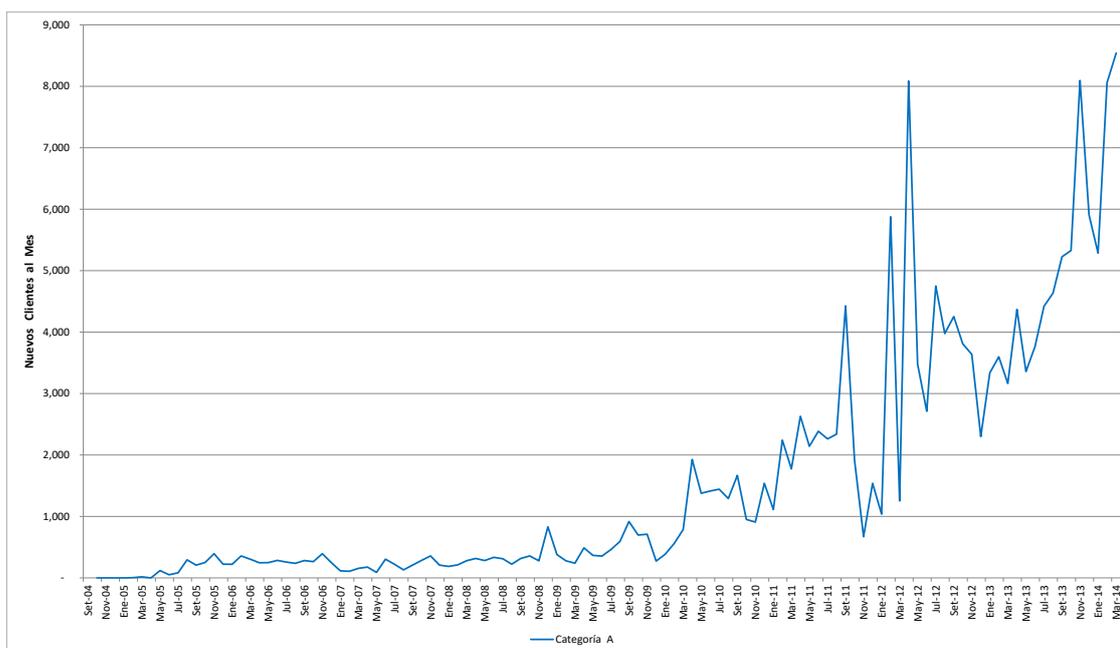
El período de recopilación de los datos para las variables fue desde enero de 2005 a setiembre de 2019, de forma mensual, recopilación se realizó según lo siguiente:

- **Osinergmin**. La data se recopiló por medio de formatos de acceso a la información pública respecto a la información comercial de venta de gas natural y al crecimiento de las redes de distribución de gas natural en la concesión de Lima y Callao, pliegos tarifarios y página *web*.
- **Cálidda**. La data se recopiló por medio de correo electrónico y página *web*.
- **INEI**. Por medio de bases de datos del ENAHO, accesibles desde la página *web* de dicha entidad.
- **Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS)**. Por medio de bases de datos de tipo de cambio accesibles desde la página *web* de dicha entidad.

La distribución de gas natural en el sector residencial en la concesión de Lima y Callao se inició en enero del 2005, con un mínimo y estable crecimiento mensual de nuevas conexiones hasta mayo de 2007, debido a la reducida meta del número de conexiones residenciales establecida en el contrato de concesión.

En junio de 2007, la empresa Ashmore Energy International (AEI) y Promigas asumen el control de Cálidda, cambiando la estrategia de posicionamiento del gas natural en el sector residencial. Desde dicha fecha, el incremento mensual del número de conexiones de Cálidda presenta un crecimiento sostenido, tal como se muestra en el gráfico 12.

**Gráfico 11. Evolución mensual del número nuevos clientes residenciales de Cálidda 2005-2014**



Fuente: Osinergmin, 2020.

En tal sentido, para reducir la dispersión en la evolución de los datos a utilizar en el programa estadístico EViews 10, se trabajó con series trimestrales desde el tercer trimestre del 2007 hasta el tercer trimestre del 2019<sup>4</sup>. Los datos trimestrales de las series estadísticas de las variables se dividen en dos tipos conforme a lo siguiente: variables recopiladas, de aplicación directa; y variables procesadas, calculada con base a las variables recopiladas. A continuación, se describen las fuentes de recopilación y del procesamiento de los datos de las variables.

## 2.1 Variables recopiladas

Dentro de la información recopilada, algunas se han cargado directamente en la base de datos de las variables del programa EViews 10, por períodos trimestrales. Las fuentes de recopilación de los datos de las variables fueron Osinergmin y el INEI, conforme a lo siguiente:

<sup>4</sup> Al inicio se utilizaron series mensuales con las cuales no se obtenían buenos índices estadísticos.

- **Datos recopilados de Osinergmin.** Se recopilaron los datos para las variables DCLIENTES y DREDESTOT. Los datos se obtuvieron de forma mensual y, por ello, se realizó la acumulación de los datos mensuales para obtener las diferencias (incrementos) por períodos trimestrales.
- **Datos recopilados del INEI.** Se recopilaron los datos para la variable PAGOGLP en soles, la que se obtuvo de forma mensual. Los valores del último mes de cada trimestre fueron empleados para obtener la información del trimestre.

## 2.2 Variables procesadas

A continuación, se describe la metodología de cálculo de los datos de las variables procesadas, de elaboración propia, tomando como base la información recopilada de Osinergmin, Cálidda y el INEI, conforme a lo siguiente:

- **PAGOGNQ.** Se utilizó la información recopilada de Osinergmin, correspondiente a los volúmenes de venta (en metros cúbicos) y facturación mensual (en dólares de Estados Unidos) por el suministro de gas natural de la Categoría Tarifaria A que mensualmente Cálidda reporta a esta institución. Los datos se calcularon como el cociente entre la facturación y el volumen equivalente energéticamente a un balón de GLP de 10 kg, calculado previamente como el cociente del volumen de venta mensual entre 12,5 m<sup>3</sup>, al cual se añadió el 18% de IGV. La data trimestral se obtuvo como el promedio mensual y la conversión a moneda nacional (soles), y se realizó empleando el tipo de cambio publicado por la SBS.
- **PAGOEEQ.** Se utilizó la información recopilada de Osinergmin, correspondiente a la energía activa de venta (en kWh) y facturación mensual (en soles) por el suministro de electricidad de la Opción Tarifaria BT5 que mensualmente las empresas ENEL-EDELNOR y Luz del Sur reportan a esta institución. Los datos se calcularon como el cociente entre la facturación total y la energía equivalente energéticamente a un balón de GLP de 10 kg, calculado previamente como el cociente de la energía total de venta mensual entre 129 kWh, al cual se añadió el 18% de IGV. La data trimestral se obtuvo como el promedio mensual.
- **AHORROGLP.** La variable ha sido calculada como la diferencia de los valores trimestrales de la variable PAGOGLP menos PAGOGNQ.
- **AHORROGEE.** La variable ha sido calculada como la diferencia de los valores trimestrales de la variable PAGOGLP menos PAGOEEQ.

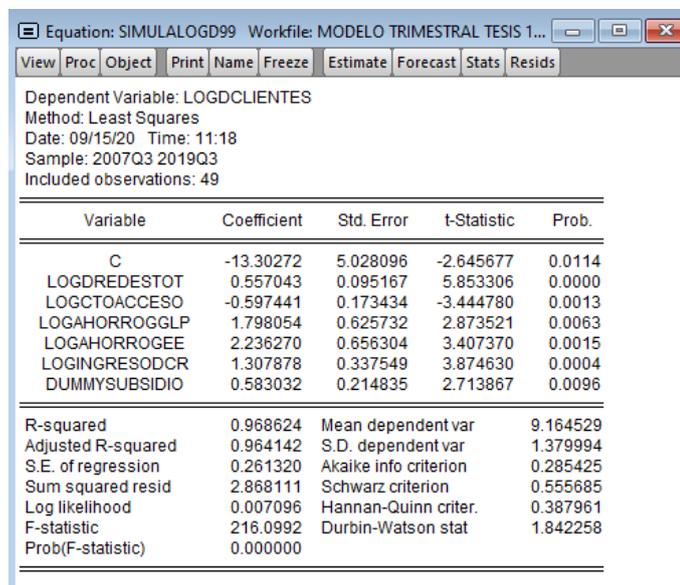
- **INGRESODCR.** Se utilizó la información recopilada del INEI, correspondiente a los ingresos mensuales por distritos registrados en la ENAHO. Las encuestas del ENAHO consideran los ingresos de los trabajos dependientes e independientes, de las ocupaciones principales y secundarias; así como los ingresos extraordinarios. La variable del ingreso mensual familiar se ha calculado como el promedio de ingresos de los hogares en donde existe la red de distribución de Cálidda, que se expande anualmente. La información trimestral se mantiene uniforme en el año para evitar las distorsiones de la data mensual, la misma que ha calculado como el promedio mensual del respectivo año.
- **CTOCONEXSS.** Se utilizó la información mensual recopilada de Osinergmin, correspondiente al costo de Acometida y Derecho de Conexión (tubería de conexión) para un nuevo suministro residencial, así como la información mensual recopilada de Cálidda, correspondiente al costo de una instalación interna a la vista para un artefacto de material PEALPE. A los costos señaladas se le añadió el 18% de IGV y la data trimestral se obtuvo como el promedio mensual y la conversión a moneda nacional (soles) se realizó empleando el tipo de cambio publicado por la SBS.
- **SUBSIDIO.** Se utilizó la información recopilada de Osinergmin, correspondiente al descuento de promoción tarifaria que se incorporó en las regulaciones tarifarias para beneficiar la conexión de un nuevo suministro residencial en la concesión de Lima y Callao, según lo siguiente: US\$ 41 en la regulación tarifaria del año 2004; US\$ 315 en la regulación tarifaria del año 2009 (aplicado en el año 2010) y US\$ 322 en la regulación tarifaria del año 2014, que se aplicó hasta setiembre de 2016. Posteriormente, a partir de octubre de 2016, el subsidio considera el descuento de promoción tarifaria para cubrir los costos de la Acometida y Derecho de Conexión (tubería de conexión), equivalente a US\$ 174, más el descuento del FISE del 50% del costo de la instalación interna a la vista para un artefacto de material PEALPE, equivalente a US\$ 108. A los costos señaladas se le añadió el 18% de IGV y la data trimestral se obtuvo como el promedio mensual y la conversión a moneda nacional (soles) se realizó empleando el tipo de cambio publicado por la SBS.
- **CTOACCESO.** La variable ha sido calculada como la diferencia de los valores trimestrales de la variable CTOCONEXSIN menos SUBSIDIO.
- **Variables *dummy*.** Las variables *dummy*, valores de 0 y 1, fueron seleccionadas conforme a la identificación de hechos relevantes que impactaron en la evolución del número de clientes residenciales en la concesión de Lima y Callao, como son la regulación, la aplicación tarifaria, y las disposiciones normativas del MINEM.

### 3. Modelo econométrico desarrollado del tipo Log-Log

A continuación, se presenta la ecuación del modelo econométrico final del tipo Log-Log:  
LOGDCLIENTES

$$\begin{aligned}
 &= -13.30272 + 0.557043 \times \text{LOGDREDESTOT} \\
 &- 0.597441 \times \text{LOGCTOACCESO} \\
 &+ 1.798054 \times \text{LOGAHORROGGLP} \\
 &+ 2.236270 \times \text{LOGAHORROGEE} \\
 &+ 1.307878 \times \text{LOGINGRESODCR} \\
 &+ 0.583032 \times \text{DUMMYSUBSIDIO}
 \end{aligned}$$

**Gráfico 12. Resultado de la simulación final del modelo econométrico**



Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-13.30272	5.028096	-2.645677	0.0114
LOGDREDESTOT	0.557043	0.095167	5.853306	0.0000
LOGCTOACCESO	-0.597441	0.173434	-3.444780	0.0013
LOGAHORROGGLP	1.798054	0.625732	2.873521	0.0063
LOGAHORROGEE	2.236270	0.656304	3.407370	0.0015
LOGINGRESODCR	1.307878	0.337549	3.874630	0.0004
DUMMYSUBSIDIO	0.583032	0.214835	2.713867	0.0096

R-squared	0.968624	Mean dependent var	9.164529
Adjusted R-squared	0.964142	S.D. dependent var	1.379994
S.E. of regression	0.261320	Akaike info criterion	0.285425
Sum squared resid	2.868111	Schwarz criterion	0.555685
Log likelihood	0.007096	Hannan-Quinn criter.	0.387961
F-statistic	216.0992	Durbin-Watson stat	1.842258
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los coeficientes del modelo econométrico fueron determinados mediante simulaciones realizadas en el programa EViews 10. Para tal fin, los valores de las variables fueron convertidos a su equivalente de logaritmo neperiano.

### 3.1 Pruebas de validación econométrica realizadas al modelo desarrollado

Con fines de comprobar su fortaleza econométrica, el modelo desarrollado ha sido sometido a las siguientes seis pruebas de validación estadística: prueba de multicolinealidad; prueba de autocorrelación de los residuos; prueba de normalidad de los residuos; prueba de estabilidad de los residuos (quiebre estructural); prueba de cointegración, y prueba de heterocedasticidad.

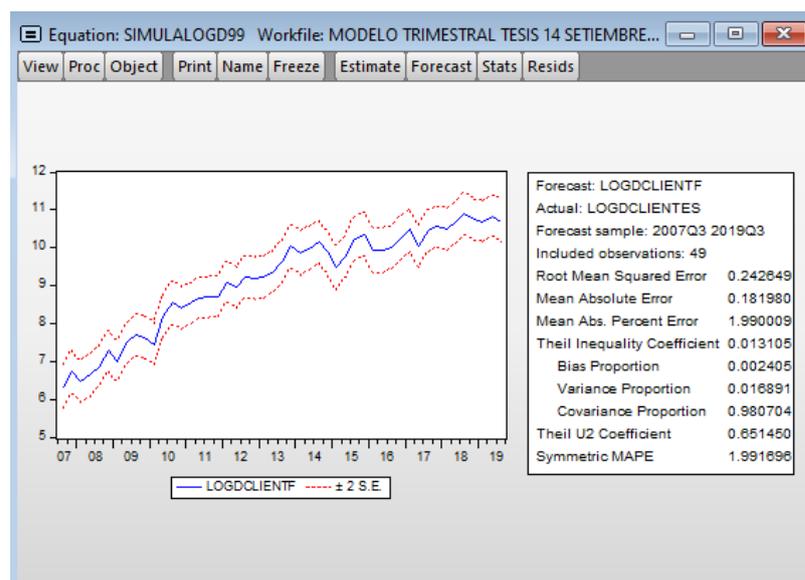
El modelo desarrollado supera razonablemente las pruebas indicadas y, por tanto, el modelo resulta válido para aplicación. En anexo se presenta el detalle de cada prueba de validación estadística realizada en el programa estadístico EViews 10.

### 3.2 Evaluación del poder predictivo (pronóstico) del modelo econométrico desarrollado

Para realizar la evaluación del poder predictivo (pronóstico) del modelo econométrico desarrollado en la presente investigación (fórmula 3), se ha empleado el Coeficiente de Desigualdad de Theil (U), que en inglés es *Theil Inequality Coefficient*, coeficiente muy empleado en la interpretación estadística de este tipo de evaluaciones. Cuando el U es igual a 0 significa que existe una estimación perfecta en la proyección de la variable explicada; sin embargo, un valor igual a 1 significa una pésima estimación de la variable explicada. En las estimaciones de modelos econométricos, los valores del U fluctúan entre 0 y 1.

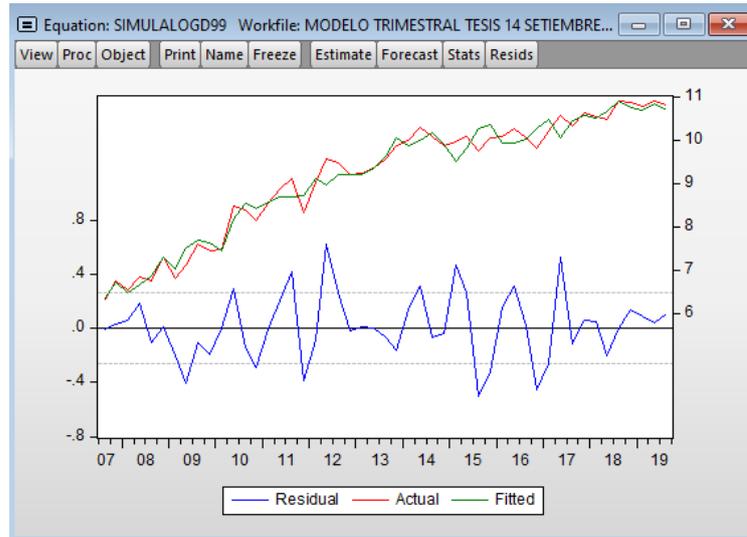
Mediante el programa EViews 10 se ha calculado el valor del U del modelo desarrollado, el cual ha resultado en 0,013105 y que se presenta dentro del gráfico 14. Siendo este valor cercano a 0, se concluye que el modelo desarrollado tiene un buen poder predictivo o de pronóstico. Adicionalmente, para una visualización visual del pronóstico realizado, en el gráfico 14 se muestra la tendencia de los datos estimados obtenidos del programa EViews 10, de la variable explicada, con el modelo desarrollado versus los datos reales, donde se aprecia que son muy similares, debido al nivel logrado del U de 0,013105.

**Gráfico 13. Simulación del poder predictivo del modelo con EViews 10**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Gráfico 14. Tendencia de los datos estimados versus los datos reales y los residuos**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.3 Comparación de valores reales versus los valores estimado de la variable explicada Y

Como una segunda prueba de medición del poder predictivo o de pronóstico del modelo econométrico desarrollado, se compararon los valores reales acumulados del número de clientes residenciales versus los valores estimados con el modelo econométrico final. Se realizaron estimaciones para todo el período de evaluación 2007-2019, así como estimaciones de los años 2016, 2017, 2018 y 2019, con el fin de determinar los errores porcentuales de las estimaciones.

En el período acumulado de los años 2007 al 2019 el error fue de  $-0,9\%$ ; mientras que para los años 2016, 2017, 2018 y 2019, el error fluctuaba entre  $-0,3\%$  y  $-7,5\%$  con un promedio de  $-3,4\%$ . Habiéndose obtenido errores muy pequeños en las estimaciones, por debajo del  $10\%$ , resulta que el modelo está bien ajustado. Por consiguiente, se puede concluir que el modelo desarrollado permite realizar confiablemente proyecciones de la variable explicada para los trimestres y años posteriores al año 2019, con un error promedio de  $-3,4\%$ . En la tabla XX se presenta el detalle de los resultados de las estimaciones señaladas.

**Tabla 10. Variación (%) del número de clientes real-histórico versus los valores estimados con el modelo desarrollado**

Período	Número de clientes reales	Número de clientes estimados	Error (%)
Del 2007 al 2019	889.995	881.602	-0,9%
Año 2016	92.687	91.580	-1,2%
Año 2017	137.257	131.044	-4,5%
Año 2018	179.311	178.756	-0,3%
Año 2019 (A Set)	150.374	139.159	-7,5%

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## Capítulo VI. Evaluación del impacto de las determinantes identificadas en el modelo econométrico

En este capítulo se presenta la evaluación del impacto de cada una de las variables determinantes del incremento del número de clientes residenciales de gas natural en la concesión de Lima y Callao, para el período de los meses comprendidos entre los años 2007 al 2019.

### 1. Interpretación de las elasticidades del modelo Log-Log desarrollado

A continuación, se presenta la ecuación de regresión exponencial que se ha utilizado en el trabajo de investigación, conforme a lo siguiente:

$$Y = e^C \times X_1^{\beta_1} \times X_2^{\beta_2} \times X_3^{\beta_3} \times X_4^{\beta_4} \times X_5^{\beta_5} \times e^{\beta_6 \times X_6(\text{Dummy})} \times e^{\varepsilon(\text{error})} \dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Y = Variable explicada (dependiente).

X = Variables explicativas (independiente)

Para realizar el modelamiento de una regresión lineal múltiple en el programa estadístico EViews 10, a la ecuación de regresión exponencial (Ecuación 1), se le realizó una transformación aplicando logaritmos neperianos en ambos extremos de la ecuación, con el cual se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\text{Log } Y = C + \beta_1 \times \text{Log } X_1 + \beta_2 \times \text{Log } X_2 + \beta_3 \times \text{Log } X_3 + \beta_4 \times \text{Log } X_4 + \beta_5 \times \text{Log } X_5 + \beta_6 \times X_6(\text{Dummy}) + \varepsilon(\text{error}) \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

La Ecuación 2 corresponde al modelo Log-Log, cual permite eliminar la uniformidad de las unidades de todas las variables permitiendo un fácil modelamiento. De acuerdo con Benoit (2011), en un modelo econométrico del tipo Log-Log, los coeficientes  $\beta$  de las variables X se denominan elasticidades y que, para calcular el cambio porcentual de la variable Y asociado a un cambio porcentual “p” de la variable X, se deben aplicar las siguientes fórmulas:

$$\text{Factor de Ajuste de } Y = e^{\beta \times \log ([100+p]/100)} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Cambio Porcentual de Y = [(Factor de Ajuste de Y) – 1] \* 100 ... **Ecuación 4**

## 2. Comparación del impacto de la variación de nuevos clientes en la proyección anual

En la tabla 11 se presenta la estructura de la variación de clientes donde, en valor absoluto, se puede apreciar el nivel de incidencia de cada variable en la proyección anual del número de clientes, ello debido a que se está analizando el nivel de impacto de variaciones de las variables, sean crecientes o decrecientes, según los resultados de la proyección anual de dichas variables. Las variables de mayor incidencia son las de AHORROGLP con 89,6% y AHORROGEE con 36,0%. Le siguen la variable de DREDESTOT con 13% y CTOACCESO con 10%.

A partir de estos resultados se puede señalar que las variables de ahorro del gasto por la sustitución del GLP son las de mayor incidencia en el modelo econométrico desarrollado, siguiendo la disponibilidad de la red de distribución y el costo de acceso al servicio de gas natural. La variable de menor incidencia es la de INGRESODCR con 2,5%.

**Tabla 11. Impacto de la variación de nuevos clientes en la proyección anual**

Variable proyectada con la que se ha realizado una simulación trimestral y acumulado anual, manteniendo fijo las otras variables	Valores simulados de clientes con la ecuación exponencial del modelo econométrico <sup>5</sup>	Diferencia respecto al valor base de clientes <sup>6</sup>	Estructura (%)
Valor base de clientes del proyectado anual (Simulado 2019-TRI03 x 4)	176784		
Con datos de incremento de redes totales	172.295	-4.492	-13,0%
Con datos de costo acceso	173.323	-3.463	-10,0%
Con datos de ahorro GLP	207.706	30.919	89,6%
Con dato de ahorro EE	189.223	12.436	36,0%
Con datos ingresos DCR	175.906	-879	-2,5%
Con datos de todas las variables	211.305	34.521	100,0%

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 3. Evaluación del impacto de la variable determinante DREDESTOT - Incremento de redes totales de distribución de gas natural

La variable determinante  $X_1 = \text{DREDESTOT}$  es el incremento trimestral de la cantidad total de redes de distribución de gas natural, en materiales de acero y polietileno, instaladas por Cálidda dentro de la concesión de Lima y Callao (en kilómetros). Para este variable, en el modelo econométrico desarrollado, se ha obtenido un coeficiente  $\beta_1 = 0,557043$ . Empleando las

<sup>5</sup> Valores calculados con la Ecuación 1, con base a la información proyectada de los cuatro trimestres de cada variable, que se presenta en anexo.

<sup>6</sup> Valores calculados con la Ecuación 3, con base a la información que se presenta en los subcapítulos siguientes.

fórmulas de Benoit (2011), se puede decir que ante el incremento de 1% de la variable DREDESTOT se tiene un incremento de 0,5558% de la variable explicada DCLIENTES.

Sin embargo, para realizar la evaluación de impacto de la variable DREDESTOT en una proyección de cuatro trimestres, es necesario proyectar la magnitud histórica del cambio porcentual de dicha variable para cada trimestre del año, que se ha obtenido con base a las fórmulas de las curvas y líneas de tendencia del gráfico de los datos de dicha variable. En primer lugar, se realizaron las proyecciones trimestrales del valor de la variable con la ecuación de la tendencia histórica de cada uno de los trimestres, para luego calcular el cambio trimestral porcentual respecto al último trimestre real histórico del tercer trimestre de 2019. Luego, con base a la proyección del cambio trimestral obtenido para la variable DREDESTOT y empleando las fórmulas de Benoit (2011), se obtiene el cambio porcentual de la variable explicada Y (DCLIENTES).

En la tabla 12 se presenta el resultado de la evaluación del impacto del coeficiente  $\beta_1 = 0,557043$ , de la variable  $X_1 = DREDESTOT$ , en la variación trimestral de la variable explicada Y (DCLIENTES), con la correspondiente variación de la cantidad de clientes.

**Tabla 12. Proyección del cambio porcentual de DREDESTOT y DCLIENTES**

<b>Proyección</b>	<b>DCLIENTES</b>		
2019-TRIO3	44.196		

<b>Proyección</b>	<b>Cambio trimestral</b>		<b>Variación</b>
	<b>DREDESTOT<sup>7</sup></b>	<b>DCLIENTES<sup>8</sup></b>	<b>DCLIENTES</b>
2019-TRIO4	-15,5%	-8,9%	-3.945
2020-TRIO1	-23,4%	-13,8%	-6.100
2020-TRIO2	14,9%	8,0%	3.544
2020-TRIO3	8,3%	4,5%	2.009

<b>Efecto anual</b>	-4.492
---------------------	--------

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la tabla 13, la proyección trimestral de la cantidad de clientes se ha calculado en base al dato simulado para el último trimestre evaluado (tercer trimestre de 2019) de 44.196 clientes, que se ha obtenido empleando la ecuación de regresión exponencial del modelo econométrico desarrollado, los coeficientes  $\beta$  identificados y los datos de las variables de dicho trimestre. Si no se hubiera dado un incremento trimestral de la variable DREDESTOT y de las otras variables explicativas (independientes), la proyección anual de clientes hubiera sido de 176.784.

<sup>7</sup> Valores proyectados conforme se presenta en anexo, al igual que para las siguientes variables.

<sup>8</sup> Valores calculados con la Ecuación 3, al igual que para las siguientes variables.

Como se aprecia en la tabla anterior, el efecto anual de la variación de la cantidad de clientes es de -4.491 debido a que en la proyección se consideran reducciones de la cantidad de instalaciones de redes de gas natural lo que, sumado a la base de 176.784 clientes, resulta en 172.293 nuevos clientes para el siguiente período anual de cuatro trimestres.

Como un indicador de impacto de la variable DREDESTOT, con base a la Ecuación 1 y manteniendo fijo el valor de las otras variables, se ha estimado que el incremento (decremento) de 1 km de red de distribución de gas natural permite aumentar (disminuir) trimestralmente 52 conexiones residenciales en Lima y Callao.

#### 4. Evaluación del impacto de la variable determinante CTOACCESO – Costo para acceder al suministro de gas natural

La variable determinante  $X_2 = CTOACCESO$  es el costo subsidiado o neto (en S/) que paga un cliente residencial para acceder al suministro de gas natural en la concesión de Lima y Callao. Para este variable, en el modelo econométrico desarrollado se ha obtenido un coeficiente  $\beta_2 = -0,597441$ . Empleando las fórmulas de Benoit (2011) se puede decir que, ante el incremento de 1% de la variable CTOACCESO, se tiene un decremento de -0,5927% de la variable explicada DCLIENTES. Sin embargo, para realizar la evaluación de impacto de la variable CTOACCESO en una proyección trimestral, es necesario aplicar la metodología señalada en el Numeral 3 del presente capítulo.

En la tabla 13 se presenta el resultado de la evaluación del impacto del coeficiente  $\beta_2 = -0,597441$  de la variable  $X_2 = CTOACCESO$ , en la variación trimestral de la variable explicada Y (DCLIENTES), con la correspondiente variación de la cantidad de clientes.

**Tabla 13. Proyección del cambio porcentual de CTOACCESO y DCLIENTES**

Proyección	DCLIENTES	
2019-TRI03	44.196	

<	Cambio trimestral		Variación
	CTOACCESO	DCLIENTES	DCLIENTES
2019-TRI04	2,8%	-1,6%	-729
2020-TRI01	11,3%	-6,2%	-2.734
2020-TRI02	0,0%	0,0%	0
2020-TRI03	0,0%	0,0%	0

Efecto anual	-3.463
--------------	--------

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la tabla 13 la proyección trimestral de la cantidad de clientes se ha calculado con base al dato simulado para el último trimestre evaluado (tercer trimestre de 2019) de 44.196 clientes, que se ha obtenido conforme a la metodología señalada en el numeral 5.2. Como se aprecia en dicha tabla, el efecto anual de la variación de la cantidad de clientes es de -3.463 lo que, sumado a la base de 176.784 clientes, resulta en 173.321 nuevos clientes para el siguiente período anual de cuatro trimestres.

Como un indicador de impacto de la variable CTOACCESO, con base a la Ecuación 1 y manteniendo fijo el valor de las otras variables, se estima que el incremento de  $S/1$  en el costo de acceso al gas natural reduce trimestralmente en -50 consumidores residenciales en Lima y Callao.

### 5. Evaluación del impacto de la variable determinante AHORROGGLP – Ahorro por la sustitución del GLP con el gas natural

La variable determinante  $X_3 = AHORROGGLP$  es el ahorro monetario (en soles) del gasto al sustituir un balón de GLP con el gas natural en Lima y Callao. Para este variable, en el modelo econométrico desarrollado, se ha obtenido un coeficiente  $\beta_3 = 1,798054$ . Empleando las fórmulas de Benoit (2011), se puede decir que ante el incremento de 1% de la variable AHORROGGLP se tiene un incremento de 1,8052% de la variable explicada DCLIENTES. Sin embargo, para realizar la evaluación de impacto de la variable AHORROGGLP en una proyección trimestral, es necesario aplicar la metodología señalada en el Numeral 3 del presente capítulo.

En la tabla 14 se presenta el resultado de la evaluación del impacto del coeficiente  $\beta_3 = 1,798054$ , de la variable  $X_3 = AHORROGGLP$ , en la variación trimestral de la variable explicada Y (DCLIENTES), con la correspondiente variación de la cantidad de clientes.

**Tabla 14. Proyección del cambio porcentual de AHORROGGLP y DCLIENTES**

Proyección	DCLIENTES		
2019-TRI03	44.196		
	Cambio trimestral		Variación
Proyección	AHORROGGLP	DCLIENTES	DCLIENTES
2019-TRI04	12,9%	24,4%	10.766
2020-TRI01	9,3%	17,3%	7.626
2020-TRI02	11,0%	20,6%	9.094
2020-TRI03	4,2%	7,8%	3.433
	Efecto anual		30.919

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la tabla 14, la proyección trimestral de la cantidad de clientes se ha calculado con base al dato simulado para el último trimestre evaluado (tercer trimestre de 2019) de 44.196 clientes, que se ha obtenido conforme a la metodología señalada en el numeral 5.2. Como se aprecia en dicha tabla, el efecto anual de la variación de la cantidad de clientes es de 30.919 lo que, sumado a la base de 176.784 clientes, resulta en 203.211 nuevos clientes para el siguiente período anual de cuatro trimestres.

Como un indicador de impacto de la variable AHORROGLP, con base a la Ecuación 1 y manteniendo fijo el valor de las otras variables, se ha estimado que el incremento de S/ 1 del ahorro monetario en el gasto de sustituir un balón de GLP con el gas natural, permite incrementar trimestralmente 4.400 consumidores residenciales en Lima y Callao.

## **6. Evaluación del impacto de la variable determinante AHORROGEE - Ahorro por la sustitución de la electricidad con el gas natural**

La variable determinante  $X_4 = AHORROGEE$  es el ahorro monetario (en soles) del gasto al sustituir 129 kWh de energía eléctrica, equivalente a un balón de GLP, con el gas natural en Lima y Callao. Para este variable, en el modelo econométrico desarrollado se ha obtenido un coeficiente  $\beta_4 = 2,236270$ . Empleando las fórmulas de Benoit (2011), se puede decir que ante el incremento de 1% de la variable AHORROGEE se tiene un incremento de 2,2501% de la variable explicada DCLIENTES. Sin embargo, para realizar la evaluación de impacto de la variable AHORROGEE en una proyección trimestral, es necesario aplicar la metodología señalada en el Numeral 3 del presente capítulo.

En la tabla 15 se presenta el resultado de la evaluación del impacto del coeficiente  $\beta_4 = 2,236270$ , de la variable  $X_4 = AHORROGEE$ , en la variación trimestral de la variable explicada Y (DCLIENTES), con la correspondiente variación de la cantidad de clientes.

**Tabla 15. Proyección del cambio porcentual de AHORROGEE y DCLIENTES**

Proyección	DCLIENTES	
2019-TRI03	44.196	

Proyección	Cambio trimestral		Variación
	AHORROGEE	DCLIENTES	DCLIENTES
2019-TRI04	-1,8%	-4,0%	-1.775
2020-TRI01	3,2%	7,2%	3.184
2020-TRI02	6,7%	15,7%	6.945
2020-TRI03	4,0%	9,2%	4.082

Efecto anual	12.436
--------------	--------

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la tabla 15, la proyección trimestral de la cantidad de clientes se ha calculado con base al dato simulado para el último trimestre evaluado (tercer trimestre de 2019) de 44.196 clientes, que se ha obtenido conforme a la metodología señalada en el numeral 5.2. Como se aprecia en dicha tabla, el efecto anual de la variación de la cantidad de clientes es de 12.436 lo que, sumado a la base de 176.784 clientes, resulta en 215.647 nuevos clientes para el siguiente período anual de cuatro trimestres.

Como un indicador de impacto de la variable AHORROGEE, con base a la información presentada, se ha estimado que el incremento de S/ 1 del ahorro monetario del gasto al sustituir 129 kWh de energía eléctrica, equivalente a un balón de GLP con el gas natural, permite incrementar trimestralmente en 1.682 consumidores residenciales en Lima y Callao.

#### **7. Evaluación del impacto de la variable determinante INGRESODCR – Ingreso familiar de hogares con redes de distribución de gas natural**

La variable determinante  $X_5 = INGRESODCR$  es el ingreso promedio mensual por familia (en soles) según la ENAHO del INEI, del conjunto de distritos en donde la empresa Cálidda ha venido expandiendo progresivamente la red de distribución de gas natural en Lima y Callao y donde existen consumidores de gas natural. Para este variable, en el modelo econométrico desarrollado se ha obtenido un coeficiente  $\beta_5 = 1,307878$ . Empleando las fórmulas de Benoit (2011), se puede decir que, ante el incremento de 1% de la variable INGRESODCR, se tiene un incremento de 1,3099% de la variable explicada DCLIENTES. Sin embargo, para realizar la evaluación de impacto de la variable INGRESODCR en una proyección trimestral, es necesario aplicar la metodología señalada en el Numeral 3 del presente capítulo.

En la tabla 16 se presenta el resultado de la evaluación del impacto del coeficiente  $\beta_5 = 1,307878$ , de la variable  $X_5 = \text{INGRESODCR}$ , en la variación trimestral de la variable explicada Y (DCLIENTES), con la correspondiente variación de la cantidad de clientes.

**Tabla 16. Proyección del cambio porcentual de INGRESODCR y DCLIENTES**

Proyección	DCLIENTES	
2019-TRI03	44.196	

Proyección	Cambio Trimestral		Variación
	INGRESODCR	DCLIENTES	DCLIENTES
2019-TRI04	0,0%	0,0%	0
2020-TRI01	-0,5%	-0,7%	-293
2020-TRI02	-0,5%	-0,7%	-293
2020-TRI03	-0,5%	-0,7%	-293

Efecto anual	-879
--------------	------

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la tabla 16 la proyección trimestral de la cantidad de clientes se ha calculado con base al dato simulado para el último trimestre evaluado (tercer trimestre de 2019) de 44.196 clientes, que se ha obtenido conforme a la metodología señalada en el numeral 5.2. Como se aprecia en dicha tabla, el efecto anual de la variación de la cantidad de clientes es de -879 debido a que la proyección considera una reducción porcentual del ingreso el que, sumado a la base de 176.784 clientes, resulta en 214.768 nuevos clientes para el siguiente período anual de cuatro trimestres.

Como un indicador de impacto de la variable AHORROGEE, con base a la Ecuación 1 y manteniendo fijo el valor de las otras variables, se ha estimado que el incremento de S/ 1 en el ingreso familiar permite incrementar trimestralmente en 28 consumidores residenciales en Lima y Callao.

## 8. Evaluación del impacto de la variable determinante DUMMYSUBSIDIO

La variable determinante  $X_6 = \text{DUMMYSUBSIDIO}$  es una variable para evaluar si la esperanza en la devolución del descuento de promoción tarifaria de US\$ 322 tuvo o no una incidencia positiva en la evolución del número de nuevos suministros dentro del período donde la empresa Cálidda dejó de aplicar dicho subsidio para la conexión de clientes residenciales en su zona de concesión, desde abril de 2014 hasta junio de 2016.

En el período señalado, la empresa Cálidda cobro el 100% del costo de conexión a los usuarios; sin embargo, posterior al pago, la mayoría de los clientes a quienes Cálidda no aplicó el descuento

de promoción realizaron diversos reclamos que conllevaron a la devolución del subsidio de US\$ 322.

Para las simulaciones del modelo econométrico, la data de la variable *dummy* se consideró de la siguiente forma:

- Valor de 1 en el período en que no se aplicó el descuento de promoción tarifaria, desde abril de 2014 hasta junio de 2016, ello, debido a la esperanza de la devolución de los US\$ 322.
- Valor 0 para los meses anteriores a abril de 2014 y los meses posteriores a junio de 2016, en los cuales se aplicó el descuento de promoción tarifaria y, por ello, no existía la esperanza de su respectiva devolución.

Para esta variable *dummy*, en el modelo econométrico desarrollado, se ha obtenido un coeficiente  $\beta_6 = 0,583032$ . En tal sentido, debido a que el signo de este coeficiente es positivo, se puede concluir que la esperanza de la devolución del descuento de promoción tarifaria de US\$ 322 si tuvo una incidencia positiva en el crecimiento del número de conexiones residenciales en la concesión de Lima y Callao.

## Conclusiones y recomendaciones

### 1. Conclusiones

- Con base a los resultados obtenidos en el modelo econométrico, que tiene un buen poder de pronóstico, existen seis determinantes (variables explicativas) que explican el crecimiento del número de clientes residenciales en la concesión de Lima y Callao en el periodo 2007-2019, según lo siguiente:
  - Variable respecto al ahorro económico en soles, que se obtiene al sustituir un balón de GLP de 10 kg con el gas natural por red de ductos. Esta variable, denominada AHORROGLP en el modelo econométrico, implica que ante el incremento de S/ 1 del ahorro económico señalado el número de usuarios residenciales se incrementa trimestralmente en 4.400 usuarios en la concesión de gas natural de Lima y Callao. El coeficiente de elasticidad de esta variable es 1,8052%,
  - Variable respecto al ahorro económico en soles, que se obtiene al sustituir 123 kWh de electricidad, equivalente energéticamente a un balón de GLP de 10 kg, con el gas natural por red de ductos. Esta variable, denominada AHORROGEE en el modelo econométrico, implica que ante el incremento de S/ 1 del ahorro económico señalado, el número de usuarios residenciales se incrementa en trimestralmente 1.682 usuarios en la concesión de gas natural de Lima y Callao. El coeficiente de elasticidad de esta variable es de 2,2501%
  - Variable respecto al incremento total de las redes de distribución de gas natural, en acero y polietileno. Esta variable, denominada DREDESTOT en el modelo econométrico, implica que ante el incremento de 1 km de la red señalada, el número de usuarios residenciales se incrementa en trimestralmente 52 usuarios en la concesión de gas natural de Lima y Callao. El coeficiente de elasticidad de esta variable es de 0,5558%.
  - Variable respecto al costo de acceso subsidiado para lograr obtener el suministro de gas natural, por medio del descuento de promoción tarifaria y de los descuentos del FISE. Esta variable, denominada CTOACCESO en el modelo econométrico, implica que ante el decremento de S/ 1 del costo señalado, el número de usuarios residenciales crece trimestralmente en 50 usuarios en la concesión de gas natural de Lima y Callao. El coeficiente de elasticidad de esta variable es de 0,5927%.
  - Variable respecto al ingreso familiar mensual en la zona donde existen redes de distribución de gas natural. Esta variable, denominada INGRESODCR en el modelo econométrico, implica que ante el incremento de S/ 1 del ingreso señalado, el número de

- usuarios residenciales se incrementa trimestralmente en 28 usuarios en la concesión de gas natural de Lima y Callao. El coeficiente de elasticidad de esta variable es de 1,3099%
- Variable *dummy* que refleja la expectativa de los usuarios a la devolución del descuento de promoción tarifaria en el período que no aplicó en la concesión de Lima y Callao, desde abril de 2014 hasta junio de 2016. Esta variable, denominada DUMMYSUBSIDIO en el modelo econométrico, presenta un coeficiente positivo, lo cual implica que la expectativa de devolución señalada contribuyó al crecimiento del número de conexiones residenciales en la concesión de Lima y Callao.
  - Las variables relacionadas al ahorro económico que se puede lograr con el uso de gas natural, en sustitución del GLP y la electricidad, son las que tienen el mayor impacto en el crecimiento del número de usuarios residenciales en la concesión de Lima y Callao. Sin embargo, estas variables por sí solas no son suficientes para explicar el incremento del número de usuarios residenciales.
  - Desde el año 2009, luego de que Osinergmin publicó la Tarifa Única de Distribución de Gas Natural (TUD), se empezaron a establecer planes quinquenales de inversión para la construcción de redes de distribución de gas natural, de la variable DREDESTOT y el mecanismo de promoción tarifaria para la reducción del costo de acceso al suministro de gas natural, de la variable CTOACCESO. Ambas, variables determinantes se sumaron a las variables existentes de ahorros económicos con la sustitución al gas natural, para lograr el considerable incremento trimestral de usuarios apreciados desde el año 2010.

## **2. Recomendaciones**

- Si con base a la magnitud del ahorro por la sustitución del balón de GLP a gas natural, se pretende conectar en un año a 17.600 nuevos usuarios de gas natural, en la concesión de Lima y Callao, es necesario incrementar en S/ 1 el nivel de ahorro que se tendría con la sustitución del balón de GLP al gas natural. En el último trimestre de modelamiento, al 2019-TRI03, el AHORROGLP era de S/ 18,10 que debe incrementarse hasta S/ 19,10 para lograr la meta de conexiones anuales señalada. El ahorro señalado puede incrementarse regulando la aplicación de un menor precio de gas natural al consumidor o, en su defecto, dejando de aplicar mecanismos de subsidio al GLP.
- Si con base a la magnitud del ahorro por la sustitución de la electricidad a gas natural, se pretende conectar en un año a 6.728 nuevos usuarios de gas natural, en la concesión de Lima y Callao, es necesario incrementar en S/ 1 el nivel de ahorro que se tendría con la sustitución de la electricidad al gas natural. En el último trimestre de modelamiento, al 2019-TRIM03, el AHORROGEE era de S/ 59,10 que debe incrementarse hasta S/ 60,10 para lograr la meta de

conexiones anuales señalada. El ahorro señalado puede incrementarse regulando la aplicación de un menor precio de gas natural al consumidor o, en su defecto, cuando se incremente la tarifa de electricidad del consumidor.

- Si con base al incremento trimestral de la longitud de redes de gas natural, se pretende conectar en un año a 20.000 nuevos usuarios de gas natural, en la concesión de Lima y Callao, es necesario incrementar en 96,15 km la longitud trimestral de redes de gas natural. En el último trimestre de modelamiento, al 2019-TRIM03, la construcción trimestral de redes de gas natural era de 471 km que debe incrementarse hasta 567,15 km para lograr la meta de conexiones anuales señalada.

Al respecto, si el Estado quisiera una expansión más acelerada del uso del gas doméstico para las familias en Lima Metropolitana y Callao, deberá proponer planes quinquenales de expansión de la red más agresivos o ambiciosos; sin embargo, a pesar de que la red es una condición necesaria para atender a nuevos usuarios, no es en sí suficiente para garantizar la conexión masiva de los potenciales usuarios.

- Si con base al decremento del costo de acceso subsidiado para obtener un suministro de gas natural, se pretende conectar en un año a 20.000 nuevos usuarios de gas natural, en la concesión de Lima y Callao, es necesario reducir en S/ 100 el costo de acceso al suministro de gas natural. En el último trimestre de modelamiento, al 2019-TRIM03, el CTOACCESO era de S/ 520 Soles que debe reducirse hasta S/ 420 Soles para lograr la meta de conexiones anuales señalada. La reducción del costo de acceso puede lograrse con mayor subsidio del FISE.
- Para intensificar todo proyecto de masificación de gas natural para el sector residencial en el Perú debería considerar la gestión simultánea de tres variables, como son: El precio del gas natural, que permite tener ahorros respecto a los combustibles sustitutos de GLP y Electricidad; incremento de la longitud de redes de distribución de gas natural, por medio de los planes de expansión de redes del concesionario; y reducción del costo de acceso a la red. Ello, debido a que éstas 3 variables se encuentran en el ámbito de la acción estatal.

## Bibliografía

Arrow, K., y Debreu, G. (1954). “Existence of an equilibrium for a competitive economy”. En: *Econométrica*. 22:265–290.

Ayotte, K., y Hansmann, H. (2015). “A nexus of contracts theory of legal entities”. En: *International Review of Law and Economics*. 42, 1-12.

Barrera, Daniel, Moleros, Michael, Silva, José. “Estructura, conducta y desempeño del mercado de instalación de redes internas de gas natural en el sector residencial de Lima y Callao, 2018”. En: <http://repositorio.ucss.edu.pe/>. 2019. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <[http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/704/Barrera\\_Moleros\\_Silva\\_tesis\\_maestria\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/704/Barrera_Moleros_Silva_tesis_maestria_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>.

Benot, Kenneth. “Linear Regression Models with Logarithmic Transformations”. En: <https://kenbenoit.net/>. 17 de marzo de 2011. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <<https://kenbenoit.net/assets/courses/ME104/logmodels2.pdf>>.

Congreso Constituyente Democrático (CCD). (1993). “Ley N°26221, Ley Orgánica que norma las actividades de Hidrocarburos en el territorio nacional”. En: *minem.gob.pe*. [En línea]. 13 de agosto de 1993. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Ley%20N%2026221.pdf>>.

Congreso de la República. (2012). “Ley N° 29852, Ley que crea el Sistema de Seguridad Energética en Hidrocarburos y el Fondo de Inclusión Social Energético – FISE”. En: *fise.gob.pe*. [En línea]. 13 de abril de 2012. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <<http://www.fise.gob.pe/pags/normas/LEY%20QUE%20CREA%20EL%20FISE%20%20Ley%2029852.pdf>>.

Deakin, S.; Lane, C.; y Wilkinson, F. (1994). “Trust or Law? Towards an Integrated Theory of Contractual Relations between Firms”. En: *Journal of Law and Society*. 21(3), 329-349.

Dietzenbacher, E., y Los, B. (2005). “Técnicas de descomposición estructural: sentido y sensibilidad”. En: *Revista Asturiana de Economía*. ISSN 1134-8291, N°33, 2005. [En línea]. Fecha de consulta: 15/11/2020. Disponible en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=1997023>>.

Gas Natural de Lima y Callao S.A. (Cálidda). (2020). “Memoria Anual 2019”. En: *calidda.com.pe*. 2020. Fecha de consulta: 20/10/2020. Disponible en: <<https://www.calidda.com.pe/media/yxrpmm02/memoria-2019-y-principios-de-bg-esp.pdf>>.

Gas Natural de Lima y Callao S.A. (Cálidda). (2014). “Sistema de Distribución de Gas Natural”. En: *docplayer.es*. 2014. Fecha de consulta: 20/10/2020. Disponible en: <<https://docplayer.es/8554111-Sistema-de-distribucion-de-gas-natural.html>>.

Gestión. “En menos de 10 años habremos cubierto todo Lima con Gas Natural”. En: *Diario Gestión*. 10 de junio de 2019. Fecha de consulta: 15/09/2020. Disponible en: <<https://gestion.pe/publiirreportaje/10-anos-habremos-cubierto-lima-gas-natural-269515-noticia/?ref=gesr>>.

Gujarati, Damodar; y Porter, Dawn. (2010). *Econometría*. Quinta edición. México, D. F.: Mc Graw Hill.

Hicks, J., y Allen, R. (1934). “A reconsideration of the theory of value. Part I”. En: *Economica*. 1(1), 52-76.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). “Planos Estratificados de Lima Metropolitana a Nivel de Manzanas 2020”. En: <https://www.inei.gob.pe/>. 2020. Fecha de consulta: 06/01/2021. Disponible en: <[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaales/Est/Lib1744/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaales/Est/Lib1744/libro.pdf)>.

Marshall, Alfredo. (2006). *Principios de Economía*. Madrid: Editorial Síntesis.

Mas-Colell, A., Whinston, M., y Green, J. (1995). *Microeconomic Theory*. New York: Oxford University Press.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (1999). “Decreto Supremo N°042-99-EM, Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos”. En: *minem.gob.pe*. [En línea]. Fecha de consulta: 12/01/2021. Disponible en: <[http://www.minem.gob.pe/\\_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=5517#:~:text=Reglamento%20de%20Distribuci%C3%B3n%20de%20Gas%20Natural%20por%20Red%20de%20Ductos](http://www.minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=5517#:~:text=Reglamento%20de%20Distribuci%C3%B3n%20de%20Gas%20Natural%20por%20Red%20de%20Ductos)>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2005). “Decreto Supremo N°042-2005-EM, Aprueban Texto Único Ordenado de la Ley Orgánica de Hidrocarburos”. En: *minem.gob.pe*. [En línea]. Fecha de consulta: 12/01/2021. Disponible en: <[http://www.minem.gob.pe/\\_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=5651](http://www.minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=5651)>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2008a). “Decreto Supremo N°014-2008-EM, Modifican el Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos aprobado mediante D.S. N° 042-99-EM”. En: *minem.gob.pe*. [En línea]. Fecha de consulta: 12/01/2021. Disponible

en:<[http://www.minem.gob.pe/\\_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=5525#:~:text=Ministerio%20de%20Energ%C3%ADa%20y%20Minas,014%2D2008%2DEM%20%2D%20Hidrocarburos&text=Relaci%C3%B3n%20de%20Bienes%20e%20Insumos,importar%20Exonerados%20de%20todo%20Tributo](http://www.minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=5525#:~:text=Ministerio%20de%20Energ%C3%ADa%20y%20Minas,014%2D2008%2DEM%20%2D%20Hidrocarburos&text=Relaci%C3%B3n%20de%20Bienes%20e%20Insumos,importar%20Exonerados%20de%20todo%20Tributo)>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2008b). “Decreto Supremo N°040-2008-EM, Aprueban Texto Único Ordenado del Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos, aprobado mediante D.S. N° 042-99-EM”. En: *osinerg.gob.pe*. [En línea]. 22 de julio de 2008. Fecha de consulta: 12/01/2021. Disponible en: <<http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-040-2008-EM-CONCORDADO.pdf>>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2010). “Resolución Suprema N°037-2010-EM, Aprueban Adenda al Contrato BOOT de Concesión de Distribución de Lima y Callao”. En: *minem.gob.pe*. [En línea]. 29 de abril de 2010. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <[http://www.minem.gob.pe/\\_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=5953](http://www.minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=5953)>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2012a). “Decreto Supremo N°009-2012-EM, Modificación del Texto Único Ordenado del Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos aprobado mediante Decreto Supremo N° 040-2008-EM”. En: *busquedas.elperuano.pe*. [En línea]. 05 de mayo de 2012. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modificacion-del-texto-unico-ordenado-del-reglamento-de-dist-decreto-supremo-n-009-2012-em-785117-6/>>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2012b). “Resolución Ministerial N°533-2012-EM/DM, Disponen la aplicación a niveles socioeconómicos C, D y E de la promoción por la conexión de consumidores residenciales, a efectos de lograr el mayor impacto social en la masificación del Gas Natural”. En: *busquedas.elperuano.pe*. [En línea]. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/disponen-la-aplicacion-a-niveles-socioeconomicos-c-d-y-e-de-resolucion-ministerial-n-533-2012-memdm-879214-1/>>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2012c). “Decreto Supremo N°021-2012-EM, Aprueban el Reglamento de la Ley N° 29852, que crea el Sistema de Seguridad Energética en Hidrocarburos y el Fondo de Inclusión Social Energético”. En: *minem.gob.pe*. [En línea]. 09 de junio de 2012. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <[https://minem.gob.pe/\\_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=7334](https://minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=5&idLegislacion=7334)>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2013). “Resolución Ministerial N°143-2013-EM/DM, Modifican R.M. N° 578-2006-MEM/DM que impuso servidumbre de acueductos y obras

hidroeléctricas para la futura Central Hidroeléctrica Tarucani, ubicada en el departamento de Arequipa”. En: *busquedas.elperuano.pe*. [En línea]. 27 de abril de 2013. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-rm-n-578-2006-memdm-que-impuso-servidumbre-de-resolucion-ministerial-n-147-2013-memdm-926561-1/>>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2016). “Resolución Ministerial N°262-2016-MEM/DM, Aprueban el Programa Anual de Promociones 2016, que contiene el Programa para la Masificación del Uso Residencial y Vehicular del Gas Natural, el Programa Masivo Fotovoltaico para zonas aisladas no conectadas a red, así como la compensación a las empresas de distribución de electricidad por la aplicación del mecanismo de compensación de la tarifa eléctrica residencial”. En: *busquedas.elperuano.pe*. [En línea]. 28 de junio de 2016. Fecha de consulta: 10/01/2021. Disponible en: <<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-programa-anual-de-promociones-2016-que-contiene-resolucion-ministerial-no-262-2016-memdm-1398318-1/#:~:text=Descargar%20Contenido%20en%2C%20que%20contiene%20el,por%20la%20aplicaci%C3%B3n%20del%20mecanismo>>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2018). “Resolución Ministerial N°021-2018-MEN/DM, Aprueban el “Programa Anual de Promociones 2018” que contiene los Programas destinados a ampliar el acceso universal al suministro de energía y la energización rural”. En: *busquedas.elperuano.pe*. [En línea]. 12 de enero de 2018. Fecha de consulta: 11/01/2021. Disponible en: <<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-programa-anual-de-promociones-2018-que-contien-resolucion-ministerial-n-021-2018-memdm-1606298-1/#:~:text=SE%20RESUELVE%3A,de%20la%20presente%20Resoluci%C3%B3n%20Ministerial>>.

Oestmann, Sonja; y Dymond, Andrew. “Acceso y Servicio Universal (ASU) – Módulo 4”. En: <https://es.scribd.com/>, 2009. Fecha de consulta: 15/11/2020. Disponible en: <<https://es.scribd.com/document/336917168/UAS-Spanish-pdf>>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinerghmin). “El gas natural y sus diferencias con el GLP”. En: [osinerghmin.gob.pe](http://www2.osinerghmin.gob.pe), 2012. Fecha de consulta: 15/11/2020. Disponible en: <[http://www2.osinerghmin.gob.pe/WebDGN/Contenido/PAGINA%20WEB/folletos/Folletto5\\_gas\\_natural\\_diferencias\\_con\\_GLP.pdf](http://www2.osinerghmin.gob.pe/WebDGN/Contenido/PAGINA%20WEB/folletos/Folletto5_gas_natural_diferencias_con_GLP.pdf)>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinerghmin). “Contrato Boot Concesiones de la Distribución de Gas Natural por Red de Ductos en Lima y Callao”. En:

osinergmin.gob.pe, 2014. Fecha de consulta: 15/12/2020. Disponible en: <[http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/TO\\_BOOT\\_Concesion\\_de\\_la\\_Distribucion\\_de\\_Gas\\_Natural\\_por\\_Red\\_de\\_Ductos\\_en\\_Lima\\_y\\_Callao.pdf](http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/TO_BOOT_Concesion_de_la_Distribucion_de_Gas_Natural_por_Red_de_Ductos_en_Lima_y_Callao.pdf)>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). “Aprobación de la Resolución Proyecto de Actualización del Plan Quinquenal de Inversiones 2018-2022 y el Reajuste Tarifario de la empresa Gas Natural de Lima y Callao S.A.”. En: osinergmin.gob.pe, 28 de junio de 2019. Fecha de consulta: 15/10/2020. Disponible en: <[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/gart/procesosregulatorios/gas-natural/tarifas-distribucion-gas-natural/Plan-Quinquenal-Inversiones-2018-2022/PPT%20Resoluci%C3%B3n%20que%20Prepublica%20APQI-RT\\_v5.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/gart/procesosregulatorios/gas-natural/tarifas-distribucion-gas-natural/Plan-Quinquenal-Inversiones-2018-2022/PPT%20Resoluci%C3%B3n%20que%20Prepublica%20APQI-RT_v5.pdf)>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). “Proyecto: Sistema de Distribución de Gas Natural en Lima y Callao”. En: osinergmin.gob.pe, 2020. Fecha de consulta: 15/12/2020. Disponible en: <[http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Distribucion\\_lima\\_callao-310815.pdf](http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Distribucion_lima_callao-310815.pdf)>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). “Determinación de los Precios Máximos del Servicio Integral de Instalación Interna para un segundo y tercer punto a ser cubierto por el FISE para el Programa Anual de Promociones 2020 en las Concesiones de Distribución de Gas Natural de Lima y Callao e Ica”. En: osinergmin.gob.pe, 30 de julio 2020. Fecha de consulta: 15/08/2020. Disponible en: <<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/868272/Osinergmin-198-2020-GRT-IT.pdf>>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). “Anuario Estadístico 2014”. En: osinergmin.gob.pe, 2015. Fecha de consulta: 15/06/2020. Disponible en: <<http://www2.osinerg.gob.pe/Publicaciones/pdf/Anuario/Anuario2014.pdf>>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). “Anuario Estadístico 2019”. En: osinergmin.gob.pe, 2020. Fecha de consulta: 15/06/2020. Disponible en: <<http://www2.osinerg.gob.pe/Publicaciones/pdf/Anuario/Anuario2019.pdf>>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). (2020a). “Resolución de Consejo Directivo N°094-2020-OS/CD, Aprueban los Precios Máximos del Servicio Integral de Instalación Interna para uno (1) dos (2) y tres (3) puntos empotrados y a la vista que se aplicarán en la Concesión de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos en Lima y Callao y en la Concesión de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos en el departamento de Ica”. En:

- gob.pe*. [En línea]. 13 de julio de 2020. Fecha de consulta: 15/08/2020. Disponible en: <<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/971785-094-2020-os-cd>>.
- Ormazabal, K. (1995). “The law of diminishing marginal utility in Alfred Marshall's principles of economics”. En: *Journal of the History of Economic Thought*. 2(1), 91-126.
- Promigas. “Masificación del gas natural en Colombia”. En: <https://docplayer.es/>. 2018. Fecha de consulta: 26/02/2021. Disponible en: < <https://docplayer.es/52338226-Masificacion-del-gas-natural-en-colombia.html>>.
- Promigas. “Informe del Sector de Gas Natural Cifras 2019 - Colombia”. En: <http://www.promigas.com>. 2020. Fecha de consulta: 26/02/2021. Disponible en: < <http://www.promigas.com/Es/Paginas/Informe%20Sector%202020/Informe%20Sector%202019.pdf>>.
- Quantum América Corp. “Perú, el país con mayor tasa de crecimiento de clientes residenciales en el sector de gas natural”. En: <https://quantumamerica.com>. 2020. Fecha de consulta: 26/02/2021. Disponible en: < <https://quantumamerica.com/benchsmart/project/peru-el-pais-con-mayor-tasa-de-crecimiento-de-clientes-residenciales-en-el-sector-de-gas-natural/>>.
- Rogan, F.; Cahill, C., y Gallachoir, B. (2012). “Decomposition análisis of gas consumption in the residential sector in Ireland”. En: *Energy Policy*. 42, 19-36.
- Vázquez, M.; Hallack, M.; y Glachant, J. (2012). “Building gas markets: US versus EU, market versus market model”. En: *European Energy Journal*. 2, 37.
- Velasco, Jelfer. “Determinantes de la Disposición a Pagar por Consumo de Gas Natural Vía Conexión Domiciliaria en la Ciudad de Talara”. En: <http://repositorio.unp.edu.pe/>. 2014. Fecha de consulta: 06/01/2021. Disponible en: < <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/493>>.
- Vergara, M., y Hernández, M. “Determinantes de la Demanda de Gas Natural en el Sector Residencial de la Ciudad de Cartagena”. En: *biblioteca.utb.edu.co*. 2002. Fecha de consulta: 06/01/2021. Disponible en: < <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/2265> >.
- Williamson, O. (1971). “The Vertical Integration of Production: Market Failure Considerations”. En: *American Economic Review*. 61, 112–123.
- Williamson, O. (1979). “Transaction-cost economics: the governance of contractual relations”. En: *The journal of Law and Economics*. 22(2), 233-261.
- Xia, C., y Wang, Z. (2020). “Drivers analysis and empirical mode decomposition based forecasting of energy consumption structure”. En: *Journal of Cleaner Production*. 254, 120107.

## **Anexos**

## **Anexo 1. Marco normativo regulatorio de la distribución de gas natural por red de ductos en el Perú**

El marco normativo de la industria de gas natural en el Perú tiene como base la Ley N°26221, Ley Orgánica que norma las actividades de Hidrocarburos en el territorio nacional, dada en el año de 1993 (Congreso Constituyente Democrático [CCD] 1993), del cual se ha publicado un Texto Único Ordenado (TUO) mediante el Decreto Supremo N°042-2005-EM (MINEM 2005).

Conforme a lo dispuesto en esta Ley Orgánica, como una norma complementaria, se emitió el Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos, aprobado mediante el Decreto Supremo N°042-99-EM del año de 1999 (MINEM 1999). Este reglamento, fue modificado en ocho oportunidades, siendo más significativa la realizada en febrero del año 2008 con el Decreto Supremo N°014-2008-EM (MINEM 2008a), que introdujo los siguientes aspectos:

- Implementación de la Tarifa Única de Distribución (TUD) en la concesión de Lima y Callao en reemplazo de las dos tarifas que se venían aplicando, Tarifa por Red Principal de Distribución (Alta Presión) y Tarifa por Otras Redes de Distribución (Baja Presión), con el fin de lograr la masificación de gas natural en el sector residencial debido a que la construcción de la red de distribución de baja presión ya podía ser financiada por todos los usuarios de la concesión.
- Implementación de la aprobación de Planes Quinquenales de Inversión para los concesionarios de distribución, en la oportunidad de las fijaciones tarifarias reguladas por Osinergmin.
- Implementación del mecanismo de promoción tarifaria para la reducción del costo de acceso al servicio de gas natural para los consumidores residenciales de ingresos familiares medio, medio-bajo y bajo, que se estableció conforme a lo establecido en el reglamento mediante la Resolución Ministerial N°533-2012-EM/DM (MINEM 2012b), que fuera modificada con la Resolución Ministerial N°143-2013-EM/DM (MINEM 2013).
- Implementación del uso del material PEALPE (Polietileno-Aluminio-Polietileno) en las tuberías de las instalaciones internas domiciliarias, ya que anteriormente solo se utilizaban tuberías de cobre.

Debido a las diversas modificaciones realizadas al Reglamento de Distribución indicado, mediante el Decreto Supremo N°040-2008-EM, dado en julio de 2008 (MINEM 2008b), se publicó el Texto Único Ordenado (TUO) de dicha norma, que es la norma vigente con las modificaciones realizadas hasta la fecha. Adicionalmente, el marco normativo de la distribución de gas natural está conformado por la Ley N° 29852, Ley que crea el Sistema de Seguridad Energética en Hidrocarburos y el Fondo de Inclusión Social Energético - FISE, dado en abril de 2012 (Congreso de la República 2012), y su respectivo reglamento, aprobado mediante el Decreto Supremo N°021-2012-EM en junio de 2012 (MINEM 2012c). Con base a estas normas, el MINEM aprobó el Plan de Acceso Universal a la Energía y aprueba anualmente el Programa Anual de Promociones a financiarse con los recursos del FISE.

A partir del mes de junio de 2016, conforme a la Resolución Ministerial N°262-2016-MEM/DM (MINEM 2016), el MINEM empezó a incluir dentro de los subsidios del FISE la promoción de nuevos suministros residenciales en el área de la concesión de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos de Lima y Callao, para subsidiar el costo de las instalaciones internas domiciliarias con el fin de lograr reducir el costo de acceso al servicio, mediante descuentos no reembolsables (subsidios) de 50%, 75% y 100%, según el nivel de ingreso familiar de las familias según la calificación por manzana del INEI.

Adicionalmente, en enero de 2018, mediante la Resolución Ministerial N°021-2018-MEN/DM (MINEM 2018), el MINEM incluyó dentro del programa anual de promociones la devolución del Descuento de Promoción no aplicados en la concesión de Lima y Callao, ocurrido desde el mes de julio de 2014 hasta el mes de junio de 2016.

La regulación de las tarifas de distribución de gas natural en la concesión Lima y Callao es realizada cada cuatro años por Osinergmin. La tarifa inicial se fijó en 1999 y fue incluida dentro del contrato de concesión de Lima y Callao. Posteriormente, Osinergmin ha realizado fijaciones tarifarias en los años 2004, 2009, 2014 y 2018. Desde la fijación de tarifas del 2009, dentro de las fijaciones tarifarias se aprueba el Plan Quinquenal de Inversión y el Plan de Promoción para Conexiones Residenciales que considera un recargo tarifario para la recaudación de un flujo de dinero que permite descontar el costo de la Tubería de Conexión (Derecho de Conexión), Acometida (medidor), el mismo que se complementa con un procedimiento de Liquidación de la Promoción mediante el cual se monitorea la recaudación para la promoción y los gastos de conexiones de la empresa concesionaria.

## Anexo 2. Modelo lineal múltiple

Para determinar la causalidad entre variables económicas sobre otras, la economía utiliza una herramienta econométrica llamada Modelo Lineal Simple. Esta herramienta permite establecer causalidad con un determinado grado de fiabilidad. Para ello, se hace uso de tres cosas: una robusta teoría económica; una adecuada base de datos, y una determinada modelización estadística.

Como es de suponer, la variable que trata de ser explicada por este modelo se le llama variable endógena o explicada. Mientras tanto, las variables que dan luces sobre la variable explicada por este modelo se les llama variables exógenas o explicativas. Mientras más simple logre ser el modelo de aproximación causal, más logrado es el manejo econométrico que se alcanza. Así, el modelo de regresión lineal múltiple puede expresarse como sigue:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + u_t$$

Donde  $Y_t$ , represente la variable a explicar (variable explicada); y  $X_{1t}$ ,  $X_{2t}$ ,  $X_{3t}$ ,  $X_{4t}$ , representan las variables explicativas; esto es, las variables que determinan exógenamente el comportamiento de la variable explicada. Por último, se encuentra la variable  $u_t$ , que da cuenta de todo lo que no pudo ser explicado por las variables  $X_{1t}$ ,  $X_{2t}$ ,  $X_{3t}$ ,  $X_{4t}$ ; y que, sin embargo, impactan en la variable explicativa  $Y_t$ . Esta variable en econometría se le conoce como el término de error.

La idea de este modelo lineal múltiple es que pueda ayudar a explicar lo mejor que se pueda a la variable explicada,  $Y_t$ . Y para que ello ocurra se hace uso de una serie de técnicas econométricas. La principal es la técnica de selección de las observaciones con las que se contará para explicar el comportamiento de la variable  $Y_t$ . La idea es que mientras más datos estén disponibles para explicar el comportamiento de  $Y_t$ , mejor será la aproximación causal que se consiga desde las variables explicativas hacia la variable endógena o explicada. Es por ello que siempre se prefiere tener una muestra grande para lograr una inferencia aceptable en la estimación a realizar.

Si la muestra con la que se cuenta es lo suficientemente grande, el modelo de regresión lineal múltiple cumplirá con la condición estadísticas de los grandes números, lo que hará que la distribución de lo que no se explica por las variables explicativas (regresores) sea normal. Al conseguir la normalidad estadística de los errores se tiene la seguridad que los valores calculados de los parámetros que acompañan a los regresores serán los correctos, lo que finalmente permitirá separar de forma diáfana los efectos marginales que cada variable explicativa provoca en la variable explicada,  $Y_t$ .

A continuación, la especificación técnica del modelo de regresión lineal:

$Y_t$  :: variable explicada, dependiente o endógena

$X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t}$  :: variables explicativas, independiente o exógena

$u_t$  :: error de estimación

La primera variable  $Y_t$  da cuenta de la variable a explicar. Es la variable sobre la cual recae la hipótesis de estudio. Esta variable describe el comportamiento ha ser testado por la hipótesis de trabajo. Las variables  $X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t}$  explican el comportamiento de la variable a analizar. Son las variables que dan soporte al estudio, al incorporar las razones que están detrás de la dinámica de la misma. Estas variables generalmente parten de la teoría económica ampliamente aceptada, y deben cumplir el supuesto de ortogonalidad; esto es, que la información que proporcionen cada una de ellas debe ser distinta a la que reporta la otra; cada variable proporciona información

adicional para explicar la variable dependiente. Esta condición que cumplen las variables se les llama multicolinealidad.

Por último, la variable  $u_t$  representa lo que las variables explicativas o endógenas no pueden lograr explicar de la variable dependiente o explicada. Este ‘residuo’ puede contener tres cosas a la vez: poca disponibilidad de datos; variables explicativas incompletas, y errores de medición (Gujarati y Porter 2010). Es importante destacar que, en la mayoría de los casos, se modelan comportamientos humanos en la variable dependiente, así que la dinámica de la variable  $u_t$ , error de estimación, recoge pues este comportamiento errático propio de la naturaleza humana.

Al mismo tiempo, esta modelo de regresión múltiple es de naturaleza lineal porque la relación que se establece entre las variables explicativas y la variable explicada es de naturaleza aditiva. Cada uno de los aportes que proporcionada cada variable explicativa se suma a los aportes de las otras variables explicativas. La totalidad de los efectos finalmente son recogidos en la suma que se realiza en la ecuación de la regresión lineal múltiple.

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + u_t$$

Por último, se le conoce como modelo de regresión lineal múltiple porque la explicación de la variable endógena  $Y_t$  se realiza de forma múltiple: existen muchos factores o covariantes que tratan de explicar el comportamiento de la variable explicada.

Es importante anotar que el modelo que desarrolla la presente tesis realiza una estimación log-log entre la variable explicada y las variables explicativas. La elección de esta modelización se da por la naturaleza no lineal tanto de la variable explicada, número de clientes nuevos por trimestre en la red de gas domiciliaria, como de una de las variables explicativas, expansión en metros por trimestre de la red de gas domiciliaria. Este hecho estilizado de la data a tratar se consigue modelar utilizando un modelo log-log dentro de la ecuación de estimación.

La transformación logarítmica que se realiza en los datos permite convertir una relación no lineal (en este caso, exponencial) en una relación de corte aditiva, linealizando las relaciones entre cada variable que explica la variable endógena. Así, el modelo sin linealizar es como sigue:

$$\Delta Y = \Delta X_1^{\alpha_1} X_2^{\alpha_2} X_3^{\alpha_3} X_4^{\alpha_4}$$

Este modelo, luego de una serie de transformaciones, consigue tener la estructura de un modelo lineal múltiple:

$$\begin{aligned} e^{\log(\Delta Y)} &= e^{\log(\Delta X_1^{\alpha_1} X_2^{\alpha_2} X_3^{\alpha_3} X_4^{\alpha_4})} \\ \log(\Delta Y) &= \log(\Delta X_1^{\alpha_1} X_2^{\alpha_2} X_3^{\alpha_3} X_4^{\alpha_4}) \\ \log(\Delta Y) &= \alpha_1 \log(\Delta X_1) + \alpha_2 \log(X_2) + \alpha_3 \log(X_3) + \alpha_4 \log(X_4) \end{aligned}$$

Es pues, este último modelo el que será estimado a través de las técnicas de estimación econométricas de series de tiempo.

### Anexo 3. Teoría clásica del consumidor

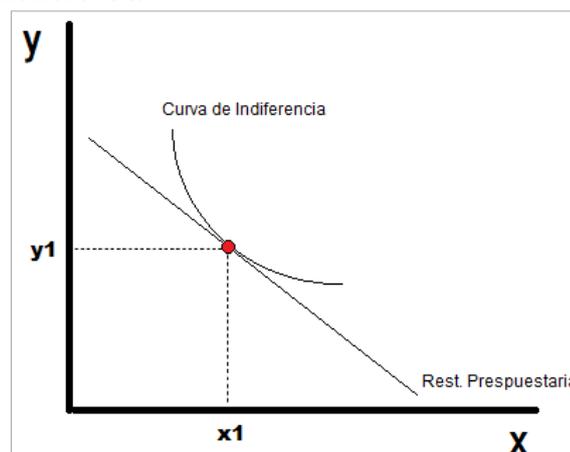
La teoría clásica del consumidor nace con el tratado de Marshall (2006), donde el economista británico postula que el valor de las cosas no procede del trabajo como lo planteaban Adam Smith, David Ricardo o Karl Marx. El valor de las cosas procedía de la satisfacción marginal que reporta su consumo. Este cambio metodológico en la percepción del valor tuvo consecuencias fundamentales en la teoría económica. La producción no era ya el motor que proponía el valor de las cosas a través de la explotación del capital y del trabajo, sino era la demanda, la demanda del consumidor.

Esta proposición proporcionó un desarrollo teórico posterior que dio pie a los ordinalistas y a la teoría de las preferencias reveladas (1947) (Ormazabal 1995). Ellos plantearon que una persona le asigna el valor de las cosas desde su satisfacción en su consumo. Así se podrá pensar que mientras más veces compre un bien, la satisfacción alcanzada por el consumo del mismo decaerá. Al mismo tiempo, se estableció que la regularidad con la que se compra un bien frente a otro proporcionará preferencias reveladas desde el consumidor, dando indicios de cuál es el valor que él le asigna a los bienes.

A continuación, el desarrollo teórico y metodológico de la teoría clásica del consumidor. El caso que se presenta es uno hipotético. Se compara el consumo tanto del bien  $x$  como del bien  $y$ , considerando el punto rojo de la gráfica como una de las tantas canastas posibles de consumo. Al mismo tiempo, en algunos casos, existe una combinación infinita de bienes que se pueden elegir, tales combinaciones posibles son representadas en el gráfico de las abscisas como curva de indiferencia.

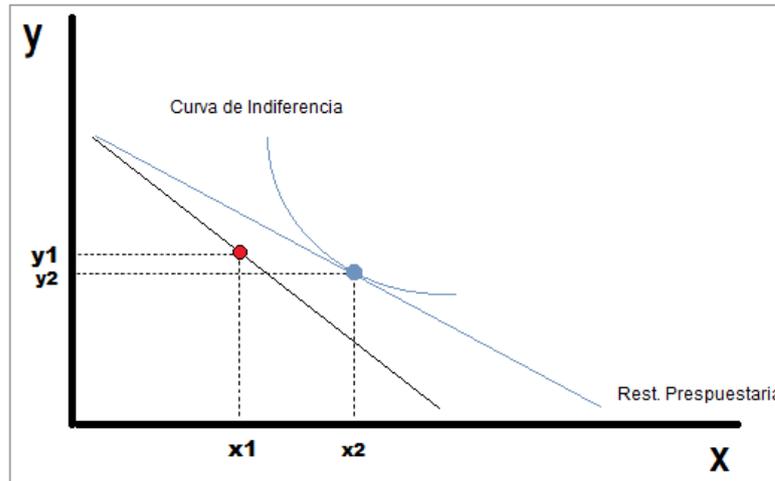
Su nombre indiferencia proviene de la posibilidad de que el agente económico logre reemplazar una cantidad de bien  $x$  por otra cantidad del bien  $y$  sin que su grado de satisfacción por el nuevo consumo, varíe. Ese es un concepto base para que el investigador puede inferir cuál es el valor que se le asigna a un bien desde la demanda. Aquí pues está inserta la teoría de las preferencias reveladas. Desde este gráfico se podrá inferir pues la valoración que tiene el agente económico de los componentes de la canasta en cuestión al apreciar la cantidad de consumo que alcanza en cada bien ante un cambio en el vector de precios.

**Gráfico A. Curva de indiferencia**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

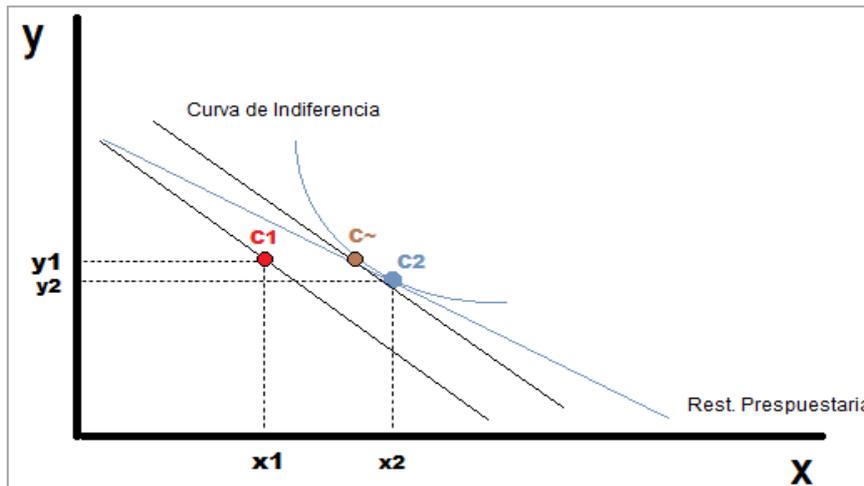
**Gráfico B.**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se puede observar, el cambio en los precios de los bienes genera un cambio en la composición de la canasta de consumo entre los bienes  $x$  e  $y$ . En este caso en particular, la caída en el precio del bien  $x$  genera que la recta presupuestaria se traslade hacia la derecha cambiando la inclinación de la misma. Con esta nueva recta presupuestaria de color azul, se alcanza un nivel mayor de consumo del bien  $x$  (moviéndose de  $x_1$  a  $x_2$ ). Al mismo tiempo, con los nuevos precios relativos se cambia la cantidad de consumo del bien  $y$  (moviéndose de  $y_1$  a  $y_2$ ), disminuyendo el consumo de  $y$ , aunque los precios del bien  $y$  no hayan cambiado en términos absolutos. En este cambio de la composición de canasta de  $(x_1, y_1)$  a  $(x_2, y_2)$  se puede teorizar que existe dos efectos que deben ser evaluados para la mejor comprensión del valor que proporciona el consumidor a su nueva canasta de consumo.

**Gráfico C.**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se observa en el gráfico C se podría simular un escenario hipotético: ¿qué sucedería si en vez de comparar la canasta inicial de consumo  $C_1$  con la canasta final  $C_2$  se incorporara la comparación de una canasta intermedia  $C_{\sim}$ ?, ¿por qué incorporar esta canasta intermedia?

Esta instrumentalización de la canasta de consumo en la teoría clásica del consumidor permite entender que existen dos efectos simultáneos generados luego de un cambio en los precios

relativos de los bienes  $x$  e  $y$ . Dichos efectos son conocidos en la literatura como efecto ingreso y efecto sustitución. El efecto ingreso vendría a ser el cambio operado por el consumidor entre la canasta de consumo inicial  $C1$  y la canasta de consumo intermedia  $C\sim$ . El efecto sustitución, a su vez, sería representado por el cambio operado por el consumidor entre la canasta intermedia  $C\sim$  y la canasta de consumo final  $C2$ . Diferenciar estos saltos permite distinguir elementos de la estructura de decisión del agente económico. Por un lado, existiría un cambio consustancial en la explicitación de las preferencias del consumidor cuando se realiza este cambio de precios en el bien  $x$ ; por el otro, existiría un cambio derivado por la diferencia en el ingreso real, producido después del cambio relativo de precios entre los dos bienes.

Sucede que cuando un precio cambia, las preferencias del consumidor permiten reemplazar la canasta de consumo  $C\sim$  por la del consumo final  $C2$ , posibilitando que el consumidor traslade sus decisiones de compra sobre su curva de indiferencia. Esta curva de indiferencia es el conjunto infinito de canastas posibles elegibles por el consumidor, que le reportan el mismo grado de satisfacción. Es por ello que, ante un cambio de precios, el consumo se acomoda con cantidades distintas a la inicial, preservando al mismo tiempo igual grado de satisfacción del nuevo consumo.

Sucede también que, ante un cambio relativo en precios, la capacidad de consumo del consumidor cambia. Al existir un cambio en precios el consumidor podrá comprar más de un bien de lo que podía adquirir antes. Esta singularidad permite establecer que el ingreso real del consumidor cambia cuando se altera un precio de un bien dentro de su canasta de consumo. Este cambio del ingreso real es representado en el salto que se observa en el gráfico C desde la canasta de consumo  $C1$  hacia la canasta de consumo  $C\sim$ . Esta diferencia en el consumo (mayor incremento de gasto en el bien  $x$ ) no se da porque realmente prefiera más de este bien el consumidor dada su estructura de preferencias reveladas, sino porque en términos de su ingreso real, él puede adquirir más de ese bien (Hicks y Allen 1934).

#### Anexo 4. Identificación de las variables determinantes por medio del modelo Log-Log

El modelo econométrico se ha desarrollado con un nivel de confianza del 95%, con probabilidades de error (p-valor), entre 0,00 y 0,05, para validar la significancia de las variables explicativas (independientes). Para tener una idea general de la relación entre las potenciales variables, se revisaron los coeficientes de correlación de las variables explicativas (independientes), para identificar las variables con factores menores a 0,25, en valor absoluto, para que inicialmente las estimaciones en el modelo econométrico no tengan problemas de multicolinealidad. Esto no implicaba descartar las otras variables, por cuanto en las estimaciones grupales de más de dos variables los problemas de multicolinealidad podrían tender a reducirse. Adicionalmente, se realizó la comparación de los gráficos de tendencias de las variables para identificar aquellas que podrían explicar el incremento del número de conexiones residenciales en la concesión de Lima y Callao, que se considera en el modelo como la variable explicada LOGDCLIENTES.

Con base a lo observado en los coeficientes de correlación y en los gráficos de tendencia, se realizó un primer escenario de simulaciones tomando como base las variables del Grupo 1, relacionadas a la función de demanda de gas natural, pero se observó que las variables de los pagos por los conceptos de gas natural, GLP y electricidad no resultaban con probabilidades significativas. Sin embargo, las variables de los ahorros del gasto por sustitución del GLP y electricidad por el gas natural, así como la variable de ingreso mensual, resultaban con mejores probabilidades de significancia, pero sin lograr estar por debajo del valor de 5%.

Posteriormente, se realizaron estimaciones con las variables de los Grupos 2 y 3, con las cuales en una estimación se identificó que las variables LOGDREDESTOT, LOGCTOACCESO y LOGINGRESODCR eran significativas para el modelo econométrico, para luego identificar el resto de variables significativas mediante cuatro estimaciones adicionales en las que se emplearon las variables del Grupo 4 donde, adicionalmente, se identificaron como variables significativas a LOGAHORROGGLP, LOGAHORROGEE y DUMMYSUBSIDIO. En la tabla A se muestran los resultados parciales de las estimaciones y el resultado final.

**Tabla A. Resultados de las simulaciones del modelo econométrico**

Número de estimación	R-squared ( $R^2$ )	Coefficiente Durbin-Watson	Variables explicativas X incluidas en el modelo
Primera	0.949105	1.542635	LOGDREDESTOT LOGCTOACCESO LOGINGRESODCR
Segunda	0.959602	1.663911	LOGDREDESTOT LOGCTOACCESO LOGINGRESODCR DUMMYSUBSIDIO
Tercera	0.959950	1.655750	LOGDREDESTOT LOGCTOACCESO LOGINGRESODCR DUMMYSUBSIDIO LOGAHORROGGLP
Cuarta	0.962455	1.680485	LOGDREDESTOT LOGCTOACCESO LOGINGRESODCR DUMMYSUBSIDIO LOGAHORROGEE
Quinta (Final)	0.968624	1.842258	LOGDREDESTOT LOGCTOACCESO LOGINGRESODCR DUMMYSUBSIDIO LOGAHORROGGLP LOGAHORROGEE

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el gráfico A se presenta el modelo econométrico final obtenido con el programa estadístico EViews 10, en el cual se aprecia las seis variables determinantes que se han identificado en la presente investigación, las cuales tienen probabilidades significativas menores al 5%. Para las seis variables del modelo final, el valor de las probabilidades alcanzadas es con tendencia al valor de cero (0), lo cual permite afirmar que son las variables identificadas son las determinantes que explican la tendencia de la variable explicada (dependiente).

A continuación, se presenta las seis variables determinantes identificadas:

- X1 = LOGDREDESTOT , con  $\beta_1 = 0,557043$  y un p-valor de 0,0000.  
 X2 = LOGCTOACCESO , con  $\beta_2 = -0,597441$  y un p-valor de 0,0013.  
 X3 = LOGAHORROGGLP, con  $\beta_3 = 1,798054$  y un p-valor de 0,0063.  
 X4 = LOGAHORROGEE , con  $\beta_4 = 2,236270$  y un p-valor de 0,0015.  
 X5 = LOGINGRESODCR, con  $\beta_5 = 1,307878$  y un p-valor de 0,0004.  
 X6 = DUMMYSUBSIDIO , con  $\beta_6 = 0,583032$  y un p-valor de 0,0096.  
 C = CONSTANTE = -13,30272, con un p-valor de 0,0114.

Con las variables determinantes identificadas y sus correspondientes valores de  $\beta$  se define la ecuación final del modelo Log-Log, conforme a lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{LOGDCLIENTES} &= -13.30272 + 0.557043 \times \text{LOGDREDESTOT} \\ &- 0.597441 \times \text{LOGCTOACCESO} \\ &+ 1.798054 \times \text{LOGAHORROGGLP} \\ &+ 2.236270 \times \text{LOGAHORROGEE} \\ &+ 1.307878 \times \text{LOGINGRESODCR} \\ &+ 0.583032 \times \text{DUMMYSUBSIDIO} \end{aligned}$$

**Gráfico A. Resultado de la simulación final del modelo**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-13.30272	5.028096	-2.645677	0.0114
LOGDREDESTOT	0.557043	0.095167	5.853306	0.0000
LOGCTOACCESO	-0.597441	0.173434	-3.444780	0.0013
LOGAHORROGGLP	1.798054	0.625732	2.873521	0.0063
LOGAHORROGEE	2.236270	0.656304	3.407370	0.0015
LOGINGRESODCR	1.307878	0.337549	3.874630	0.0004
DUMMYSUBSIDIO	0.583032	0.214835	2.713867	0.0096

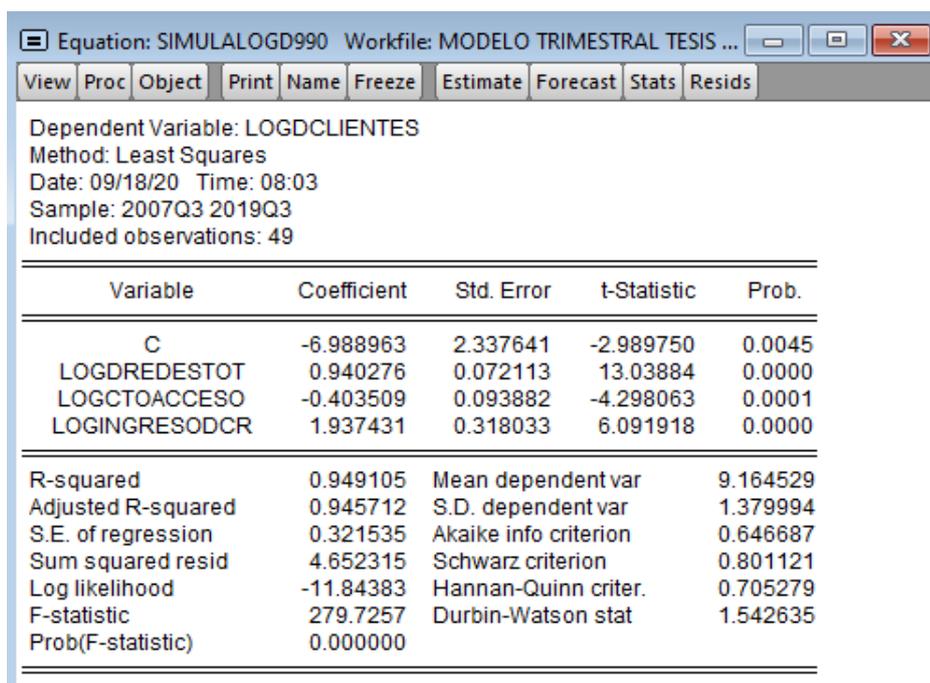
  

R-squared	0.968624	Mean dependent var	9.164529
Adjusted R-squared	0.964142	S.D. dependent var	1.379994
S.E. of regression	0.261320	Akaike info criterion	0.285425
Sum squared resid	2.868111	Schwarz criterion	0.555685
Log likelihood	0.007096	Hannan-Quinn criter.	0.387961
F-statistic	216.0992	Durbin-Watson stat	1.842258
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

A continuación, se presenta el detalle del resultado de las cuatro simulaciones del escenario final.

**Gráfico B. Resultado de la primera simulación del escenario final del modelo**



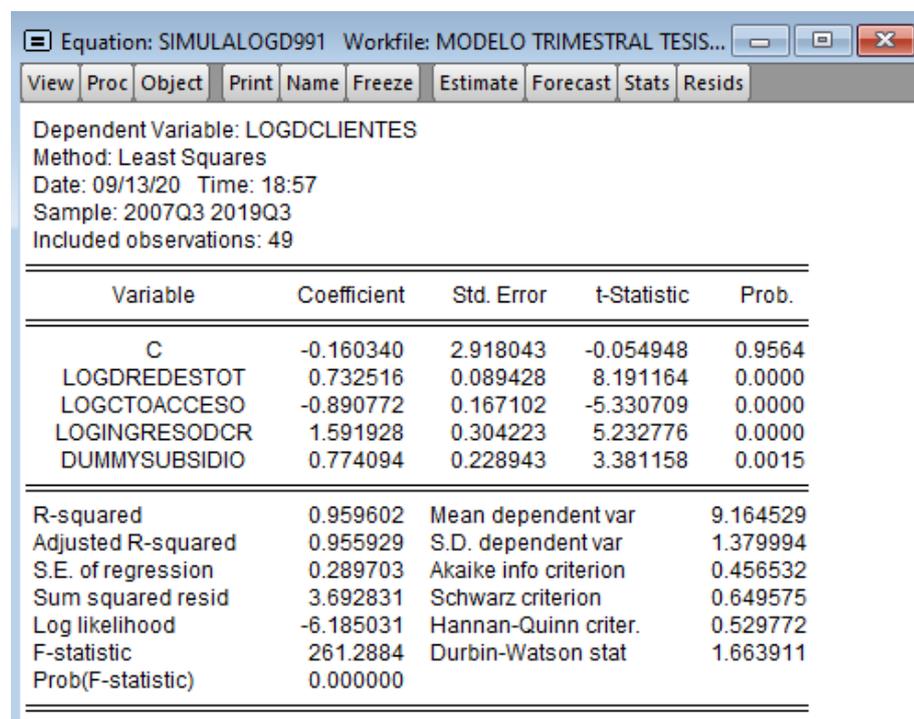
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-6.988963	2.337641	-2.989750	0.0045
LOGDREDESTOT	0.940276	0.072113	13.03884	0.0000
LOGCTOACCESO	-0.403509	0.093882	-4.298063	0.0001
LOGINGRESODCR	1.937431	0.318033	6.091918	0.0000

R-squared	0.949105	Mean dependent var	9.164529
Adjusted R-squared	0.945712	S.D. dependent var	1.379994
S.E. of regression	0.321535	Akaike info criterion	0.646687
Sum squared resid	4.652315	Schwarz criterion	0.801121
Log likelihood	-11.84383	Hannan-Quinn criter.	0.705279
F-statistic	279.7257	Durbin-Watson stat	1.542635
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Gráfico C. Resultado de la segunda simulación del escenario final del modelo**



Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.160340	2.918043	-0.054948	0.9564
LOGDREDESTOT	0.732516	0.089428	8.191164	0.0000
LOGCTOACCESO	-0.890772	0.167102	-5.330709	0.0000
LOGINGRESODCR	1.591928	0.304223	5.232776	0.0000
DUMMYSUBSIDIO	0.774094	0.228943	3.381158	0.0015

R-squared	0.959602	Mean dependent var	9.164529
Adjusted R-squared	0.955929	S.D. dependent var	1.379994
S.E. of regression	0.289703	Akaike info criterion	0.456532
Sum squared resid	3.692831	Schwarz criterion	0.649575
Log likelihood	-6.185031	Hannan-Quinn criter.	0.529772
F-statistic	261.2884	Durbin-Watson stat	1.663911
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Gráfico D. Resultado de la tercera simulación del escenario final del modelo**

Equation: SIMULALOGD992 Workfile: MODELO TRIMESTRAL TESIS ...

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: LOGDCLIENTES  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/13/20 Time: 18:56  
 Sample: 2007Q3 2019Q3  
 Included observations: 49

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.016894	4.224036	-0.477480	0.6354
LOGDREDESTOT	0.726077	0.090683	8.006779	0.0000
LOGCTOACCESO	-0.869164	0.171967	-5.054247	0.0000
LOGAHORROGGLP	0.305265	0.498854	0.611932	0.5438
LOGINGRESODCR	1.700703	0.354236	4.801042	0.0000
DUMMYSUBSIDIO	0.751978	0.233404	3.221793	0.0024

R-squared	0.959950	Mean dependent var	9.164529
Adjusted R-squared	0.955293	S.D. dependent var	1.379994
S.E. of regression	0.291785	Akaike info criterion	0.488678
Sum squared resid	3.660950	Schwarz criterion	0.720329
Log likelihood	-5.972599	Hannan-Quinn criter.	0.576566
F-statistic	206.1339	Durbin-Watson stat	1.655750
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Gráfico E. Resultado de la cuarta simulación del escenario final del modelo**

Equation: SIMULALOGD993 Workfile: MODELO TRIMESTRAL TESIS...

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: LOGDCLIENTES  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/13/20 Time: 18:58  
 Sample: 2007Q3 2019Q3  
 Included observations: 49

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.064206	2.889203	-0.368339	0.7144
LOGDREDESTOT	0.676185	0.092607	7.301645	0.0000
LOGCTOACCESO	-0.822765	0.167240	-4.919658	0.0000
LOGAHORROGEE	0.915856	0.506600	1.807847	0.0776
LOGINGRESODCR	1.213202	0.363181	3.340490	0.0017
DUMMYSUBSIDIO	0.749196	0.223685	3.349329	0.0017

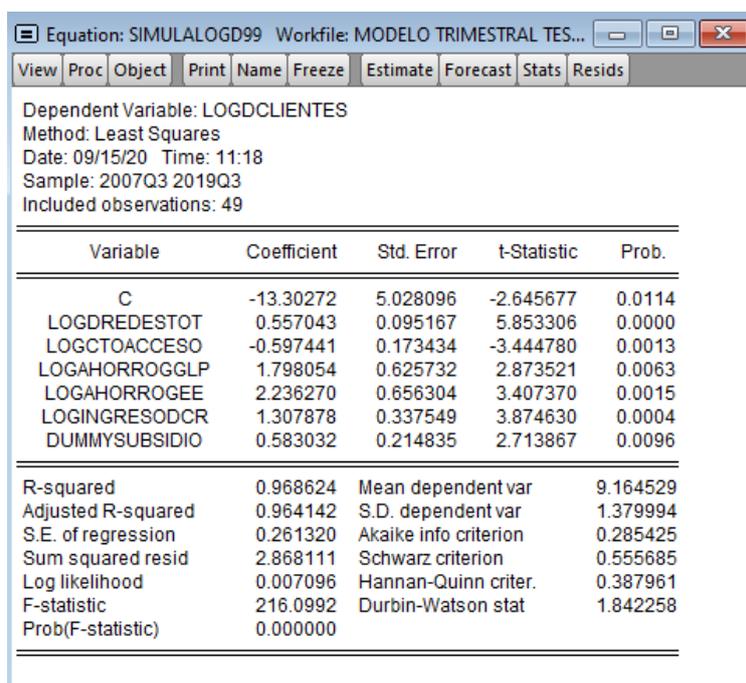
R-squared	0.962455	Mean dependent var	9.164529
Adjusted R-squared	0.958090	S.D. dependent var	1.379994
S.E. of regression	0.282513	Akaike info criterion	0.424091
Sum squared resid	3.431976	Schwarz criterion	0.655742
Log likelihood	-4.390230	Hannan-Quinn criter.	0.511979
F-statistic	220.4604	Durbin-Watson stat	1.680485
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## Anexo 5. Pruebas estadísticas realizadas el modelo econométrico desarrollado

A continuación, se muestra el modelo econométrico desarrollado con la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) empleando el programa estadístico EViews 10, debido a que dicha metodología es la mejor según las variables utilizadas y se cumplen los supuestos de nivel de confianza y de pruebas estadísticas de validación.

### Gráfico A. Resultado de la simulación final del modelo



Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-13.30272	5.028096	-2.645677	0.0114
LOGDREDESTOT	0.557043	0.095167	5.853306	0.0000
LOGCTOACCESO	-0.597441	0.173434	-3.444780	0.0013
LOGAHORROGGLP	1.798054	0.625732	2.873521	0.0063
LOGAHORROGEE	2.236270	0.656304	3.407370	0.0015
LOGINGRESODCR	1.307878	0.337549	3.874630	0.0004
DUMMYSUBSIDIO	0.583032	0.214835	2.713867	0.0096

R-squared	0.968624	Mean dependent var	9.164529
Adjusted R-squared	0.964142	S.D. dependent var	1.379994
S.E. of regression	0.261320	Akaike info criterion	0.285425
Sum squared resid	2.868111	Schwarz criterion	0.555685
Log likelihood	0.007096	Hannan-Quinn criter.	0.387961
F-statistic	216.0992	Durbin-Watson stat	1.842258
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

A continuación, se analiza el cumplimiento de los supuestos de la metodología de estimación según Gauss-Markov para obtener estimaciones insesgados y eficientes. Mediante pruebas estadísticas se puede detectar la presencia del incumplimiento de dichos supuestos, en caso se detecte algún problema se tendrá que corregir mediante un criterio apropiado al problema encontrado.

#### 1. Análisis de multicolinealidad

El problema de la multicolinealidad se presenta cuando las variables independientes del modelo están altamente asociadas o correlacionadas, ante esto las formas de corregir este problema es mediante la omisión de variable o la transformación. En el gráfico B se presenta la prueba de Factor de Inflación de Varianza (VIF) para detectar la presencia de multicolinealidad entre las variables explicativas, obtenidos desde el programa EViews 10. Con base a la información del gráfico B se puede concluir que no hay presencia de este problema debido a que los valores del Centered VIF de las variables independientes son menores a 10. Esto indica que no hay una alta colinealidad sino una tolerable o baja, lo cual es permitido.

## Gráfico B. Factor de inflación de varianza

Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	25.28175	18140.81	NA
LOGDREDESTOT	0.009057	169.3951	5.780861
LOGCTOACCESO	0.030079	1050.684	6.841071
LOGAHORROGGLP	0.391541	2684.059	2.638459
LOGAHORROGEE	0.430735	4528.993	9.823210
LOGINGRESODCR	0.113939	4421.172	3.479052
DUMMYSUBSIDIO	0.046154	6.082806	4.965556

Fuente: Elaboración propia, 2021.

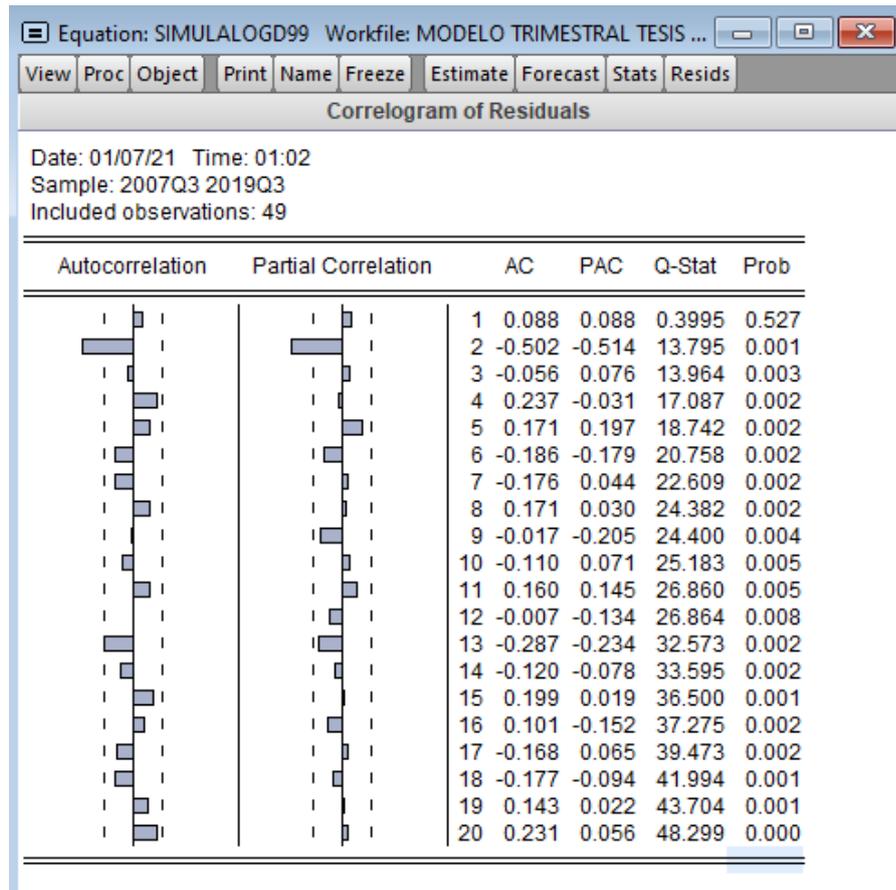
## 2. Análisis de autocorrelacion de los residuos

El problema de la autocorrelacion se presenta cuando los residuos del modelo están correlacionados en el tiempo, la correlación es distinta a cero. Para analizar este problema se utilizó el indicador Durbin-Watson, que realiza una evaluación de autocorrelación de primer orden, y el correlograma de los residuos de Ljung-Box, para la evaluar la autocorrelación de un orden superior al primer orden.

Según la tabla de Durbin-Watson a un nivel de significación del 5%, para un número de regresores (variables explicativas) del modelo de  $k = 6$  y 49 datos trimestrales, los límites críticos son los siguientes:  $dL = 1,238$  y  $dU = 1,835$ . Para que no exista problema de autocorrelación, el valor del indicador Durbin-Watson debe ser mayor al valor de  $dU$  e inferior al valor de 4. Como se muestra en el gráfico C, el modelo econométrico final desarrollado presenta un indicador Durbin-Watson de 1,842258, que supera al valor crítico de  $dU = 1,835$ , lo que demuestra la no existencia de autocorrelación de primer orden.

A continuación, se presenta el correlograma de los residuos para detectar si hay problemas de autocorrelación, según cada rezago de orden mayor a uno.

### Gráfico C. Correlograma de los residuos



Fuente: Elaboración propia, 2021.

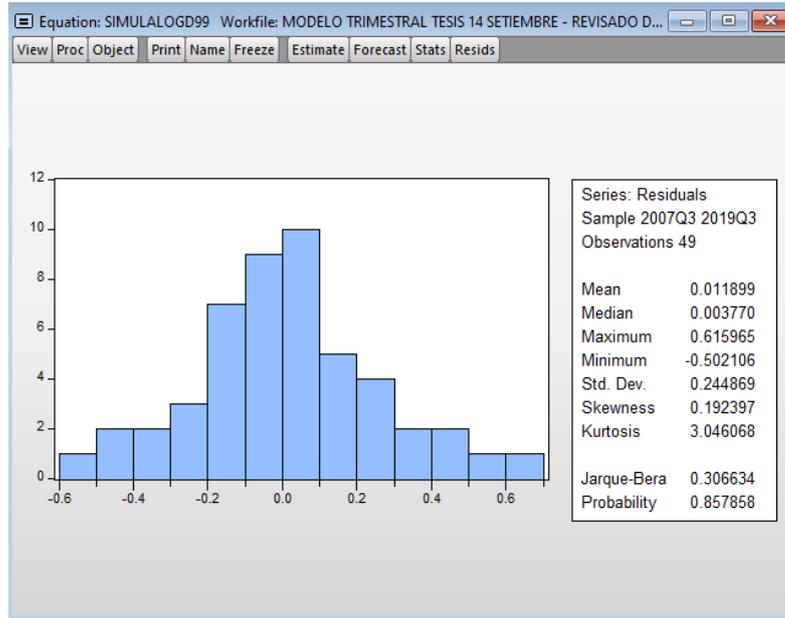
Según el correlograma mostrado se puede concluir que hay presencia de este problema debido a que las barras salen de las líneas interlineadas para la correlación parcial y la autocorrelación del rezago de orden 2. Para solucionar este problema se va a utilizar el factor de corrección de White dentro de la matriz de varianzas y covarianzas de los coeficientes, también llamada matriz omega.

### 3. Análisis de normalidad de los residuos

En el gráfico D se muestra el histograma de los residuos del modelo estimado, donde se pueden encontrar los valores para la prueba de probabilidad de Jarque-Bera (JB) que permite analizar la distribución de los residuos estimados. Según la prueba JB, se puede concluir que los residuos del modelo estimado siguen una distribución normal debido a que la probabilidad  $JB = 0,857858$  es mayor al nivel de significación de 5%, esto permite no rechazar la hipótesis nula de normalidad.

Puede apreciarse que el valor de probabilidad alcanzado en el modelo econométrico desarrollado es cercano al valor máximo de 1,0, lo cual demuestra que los residuos del modelo tienen una curva tendiente a la forma de campana.

### Gráfico D. Histograma de los residuos

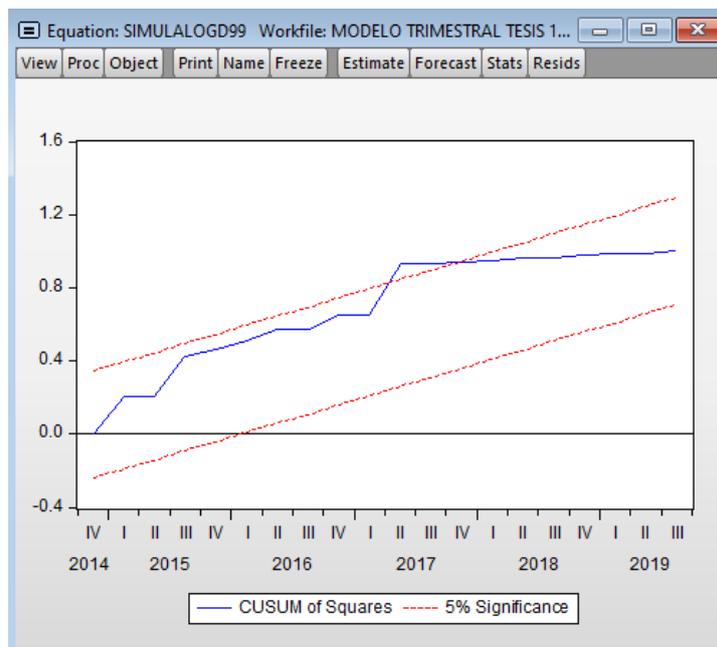


Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 4. Análisis de estabilidad de los parámetros

Uno de los supuestos es que los parámetros del modelo sean lineales o constantes en el tiempo, por ello se requiere estabilidad de estos para cumplir con dicho supuesto. Existen distintos criterios o pruebas que ayudan a detectar este problema, como es el caso del Cusum cuadrado. A continuación, se muestra el gráfico E de Cusum cuadrado (Cusum2) para detectar si ha habido inestabilidad o quiebre estructural en los parámetros del modelo.

### Gráfico E. Prueba de cusum cuadrado



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el gráfico E se observa la existencia de una inestabilidad de parámetros que se dieron en el segundo trimestre del 2017. Sin embargo, posterior a este período se aprecia una sostenida reducción del nivel de estabilidad de los parámetros, lo cual hace confiable el modelo para la realización de pronósticos.

## 5. Prueba de cointegración

La prueba de cointegración sirve para ver si una serie de residuos de la variable explicada (dependiente) es estacionaria o no. Esta prueba se ha realizado con la metodología de Engle y Granger, que toma en cuenta la prueba de raíz de Dickey-Fuller y las tablas de Davidson y Mckinnon.

En el gráfico F se muestran los resultados de la prueba de Dickey-Fuller aumentada para la serie de residuos, donde se aprecia que el valor del índice Durbin-Watson es de 1,906077 y una probabilidad de 0,0000, lo cual indica que el modelo es conforme y, por ello, se puede aplicar el análisis el valor del índice Dickey-Fuller de -6,199765.

Según las tablas de Davidson y Mckinnon, para que no existan problemas de cointegración del valor del índice Dickey-Fuller aumentada debe ser menor al valor de -4,72, lo cual se cumple en esta evaluación por haberse obtenido el valor de -6,199765.

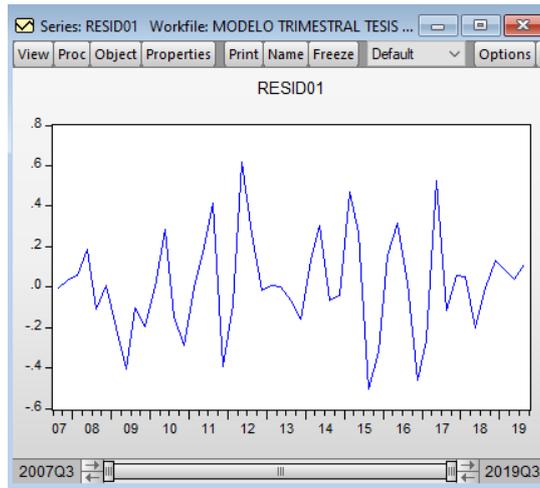
### Gráfico F. Prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller aumentada

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on RESID01				
Null Hypothesis: RESID01 has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-6.199765	0.0000
Test critical values:				
	1% level		-3.574446	
	5% level		-2.923780	
	10% level		-2.599925	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(RESID01)				
Method: Least Squares				
Date: 01/07/21 Time: 02:22				
Sample (adjusted): 2007Q4 2019Q3				
Included observations: 48 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID01(-1)	-0.912087	0.147116	-6.199765	0.0000
C	0.011407	0.035992	0.316923	0.7527
R-squared	0.455216	Mean dependent var		0.002420
Adjusted R-squared	0.443373	S.D. dependent var		0.333955
S.E. of regression	0.249156	Akaike info criterion		0.099295
Sum squared resid	2.855611	Schwarz criterion		0.177262
Log likelihood	-0.383088	Hannan-Quinn criter.		0.128759
F-statistic	38.43708	Durbin-Watson stat		1.906077
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el gráfico G se presenta la evolución de los residuos del modelo econométrico desarrollado, donde se observa que los residuos están centrados al valor ce 0.

### Gráfico G. Evolución de los residuos del modelo



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 6. Análisis de heterocedasticidad

El problema de la heterocedasticidad se presenta cuando la varianza de los residuos no es constante o la misma en el tiempo. Así mismo, para detectar la varianza presente en este problema existen diversas pruebas estadísticas, como es el caso de la prueba de White que es más popular y ponente debido a que generaliza varios casos que podrían generar dicho problema, en caso detecte el problema se debe corregir mediante la estimación de Mínimos Cuadrados Generalizados, correcciones de Huber-White o HAC (Newey-West). A continuación, se presenta la prueba de White para detectar la presencia de heterocedasticidad en los residuos del modelo.

### Gráfico H. Prueba de White

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	1.045008	Prob. F(26,22)	0.4622
Obs*R-squared	27.07616	Prob. Chi-Square(26)	0.4053
Scaled explained SS	20.96803	Prob. Chi-Square(26)	0.7436

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Según esta prueba de White se puede concluir que si hay presencia de heterocedasticidad en los residuos debido a que la probabilidad Chi cuadrada (0,4053) es mayor al nivel de significación de 5%, esto implica no rechazar la hipótesis nula de dicha prueba, donde no existe homocedasticidad o la varianza de los residuos es constante. Por lo tanto, no hay presencia de heterocedasticidad en la varianza de los residuos.

## **Notas biográficas**

### **Carlos Alberto Palacios Olivera**

Nació en Lima. Ingeniero Mecánico, con estudios de Maestría en Administración de Empresas. Cuenta con más de 25 años de experiencia en el sector energético en los sectores de electricidad y gas natural. Actualmente se desempeña como Asesor Técnico de Osinergmin.

### **Oscar Bernardo Salcedo Torrejón**

Nació en Lima. Licenciado en Economía, con estudios de Maestría en Proyectos de Inversión. Cuenta con más de 20 años de experiencia en formulación y evaluación de proyectos. Actualmente se desempeña como Especialista Senior en Evaluación de Proyectos en PROVIAS NACIONAL.

### **Francisco Coronel Uriona**

Nació en Piura. Licenciado en Derecho, con estudios en derecho administrativo. Cuenta con más de 10 años de experiencia en gestión de proyectos. Actualmente se desempeña como Jefe Legal de Proyectos en CESEL S.A.