

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA, ESTADÍSTICA Y CIENCIAS SOCIALES



**“EL IMPACTO DEL ACCESO AL GAS NATURAL EN EL  
GASTO Y CONSUMO ENERGÉTICO MENSUAL DE LOS  
HOGARES EN LOS DISTRITOS DE LIMA  
METROPOLITANA, PERÍODO 2013”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ECONOMISTA  
POR LA MODALIDAD DE TESIS**

**ELABORADO POR:**

**JOSÉ ANTONIO CABRERA HOLGUIN**

**ASESOR:**

**GUILLERMO PEREYRA NOLASCO**

LIMA - PERÚ  
2015

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios, a mi familia,  
a mi Iglesia NAN y a la Universidad  
Nacional de Ingeniería.

A todas las personas que me  
ayudaron a sacar la presente tesis  
adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría empezar agradeciendo a todas las personas que participaron en el desarrollo de esta tesis, desde el proyecto hasta el informe final. Muchos de ellos colaboraron conmigo aun sin conocerme, pero todos con la confianza y la convicción de que podemos hacer más y mejores cosas por el desarrollo de la nación.

Mis agradecimientos a la Escuela Profesional de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional de Ingeniería, por llevar a cabo el II Diplomado de Econometría Aplicada, sin el cual el desarrollo del marco metodológico de la presente tesis no hubiera sido posible, así como al Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), por el énfasis constante en la regulación y supervisión del gas natural, sin el cual el marco teórico y la aplicación de la propuesta metodológica de la presente tesis no hubiera sido posible.

No me hubiera embarcado en esta aventura de la tesis de no haber sido por el apoyo y paciencia de Dios, mi familia y mis amigos: a ellos, mi agradecimiento eterno.

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.1. Exposición del problema .....	5
1.2. Formulación del problema.....	7
1.3. Objetivos .....	8
1.4. Hipótesis.....	9
1.5. Variables .....	9
1.6. Alcances de la investigación .....	16
1.7. Justificación e importancia de la investigación.....	16
1.8. Dificultades de la investigación .....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes .....	20
2.2. Cadena de valor de la industria del gas natural .....	22
2.3. Establecimiento de las tarifas de distribución de gas natural.....	27
2.4. Marco Legal.....	29
2.5. Bases teóricas del consumo del gas natural por parte de los hogares .....	31
2.6. Bases teóricas del precio a pagar del gas natural por parte de los hogares ...	32
2.7. Bases teóricas de los determinantes del acceso al gas natural .....	37
3. HECHOS ESTILIZADOS.....	38
3.1. Reservas de gas natural en el Perú .....	39
3.2. Reservas de líquidos de gas natural en el Perú.....	41
3.3. Producción de gas natural.....	42
3.4. Producción de líquidos de gas natural.....	43
3.5. Ratio reserva – producción.....	44
3.6. Inversiones.....	45
3.7. Clientes y consumo por sectores .....	47
3.8. Exportaciones.....	49
3.9. Precios de distribución de gas natural.....	49
4. MARCO METODOLÓGICO .....	51
4.1. Tipo de Investigación.....	52
4.2. Método de Investigación.....	53
4.3. Diseño de Investigación .....	53

4.4.	Población y Muestra.....	54
4.5.	Método de tratamiento de datos.....	58
5.	RESULTADOS.....	75
5.1.	Estimación del modelo probit en la variable dependiente tratamiento.....	76
5.2.	Impacto sobre el gasto en energía.....	77
5.3.	Impacto sobre el consumo de energía.....	78
5.4.	Análisis de los efectos marginales para los determinantes del acceso al gas natural.....	86
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA.....	89
6.1.	Conclusiones.....	90
6.2.	Recomendaciones de política.....	92
	BIBLIOGRAFÍA.....	955
	ANEXOS.....	98

### ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1:	Variables correspondientes a la primera hipótesis.....	10
Cuadro N° 2:	Variables correspondientes a la segunda hipótesis.....	12
Cuadro N° 3:	Variables correspondientes a la tercera hipótesis.....	14
Cuadro N° 4:	Modelo de gas natural en Latinoamérica.....	26
Cuadro N° 5:	Categorías tarifarias finales reguladas.....	32
Cuadro N° 6:	Descripción de variables de hogares sin acceso a gas natural.....	56
Cuadro N° 7:	Descripción de variables de hogares con acceso a gas natural.....	57
Cuadro N° 8:	Resultados del probit en la variable dependiente tratamiento.....	77
Cuadro N° 9:	Resultados de la evaluación de impacto en el gasto en energía.....	78
Cuadro N° 10:	Resultados de la evaluación de impacto en el consumo en energía... ..	79
Cuadro N° 11:	Resultados de la variable sexo.....	79
Cuadro N° 12:	Resultados de la variable edad.....	80
Cuadro N° 13:	Resultados de la variable edad al cuadrado.....	80
Cuadro N° 14:	Resultados de la variable calefacción.....	81
Cuadro N° 15:	Resultados de la variable acceso a cable.....	81
Cuadro N° 16:	Resultados de la variable acceso a telefonía móvil.....	82
Cuadro N° 17:	Resultados de la variable acceso a internet.....	82
Cuadro N° 18:	Resultados de la variable presencia de actividad económica en el hogar.....	83

Cuadro N° 19: Resultados de la variable vivienda hecha de concreto.....	83
Cuadro N° 20: Resultados de la variable número de ambientes en el hogar.....	84
Cuadro N° 21: Resultados de la variable suministro individual .....	84
Cuadro N° 22: Resultados de la variable vivienda con medidor.....	85
Cuadro N° 23: Resultados de la variable vivienda propia .....	85
Cuadro N° 24: Análisis de los efectos marginales luego del probit para los determinantes del acceso del gas natural .....	87

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Gasto en la canasta familiar de los hogares del país a diciembre del 2013.....	6
Gráfico N° 2: Estructura de cadena de valor del gas natural.....	23
Gráfico N° 3: Precios de primer y segundo mejor .....	28
Gráfico N° 4: Distribución de costos de la red común .....	33
Gráfico N° 5: Redes de Distribución de Lima Metropolitana y Callao.....	36
Gráfico N° 6: Reservas de gas natural (TCF), 2005-2013.....	40
Gráfico N° 7: Reservas de gas natural por lote (TCF), 2013.....	41
Gráfico N° 8: Reservas de líquidos de gas natural (MMBLS), 2005-2013.....	41
Gráfico N° 9: Producción fiscalizada de gas natural (MMPCD), primer trimestre del 2005 al cuarto trimestre 2013 .....	42
Gráfico N° 10: Participación por empresa en la producción de gas natural (%), 2013.....	43
Gráfico N° 11: Producción en plantas procesadoras de líquidos de gas natural (MBPD), enero 2005 - diciembre 2013.....	44
Gráfico N° 12: Ratio reserva/producción de gas natural por área, 2005 – 2013.....	45
Gráfico N° 13: Inversiones en gas natural (MMUS\$), 2005 – 2013.....	46
Gráfico N° 14: Evolución del número de clientes por categoría tarifaria, enero 2011 – diciembre 2013 .....	47
Gráfico N° 15: Volumen de gas natural distribuido por categoría tarifaria (MMPCD) enero 2011 - diciembre 2013.....	48
Gráfico N° 16: Exportaciones de gas natural (MMPCD), junio del 2010 a diciembre del 2013.....	49
Gráfico N° 17: Estructura del precio del gas natural (US\$/m <sup>3</sup> ) a noviembre del 2013.....	50
Gráfico N° 18: Modelo probit.....	60

## **ÍNDICE DE DIAGRAMAS**

Diagrama N° 1: Variables correspondientes a la primera hipótesis .....	11
Diagrama N° 2: Variables correspondientes a la segunda hipótesis.....	13
Diagrama N° 3: Variables correspondientes a la tercera hipótesis .....	15
Diagrama N° 4: Esquema de la Explotación, Transporte y Distribución del gas natural .....	26
Diagrama N° 5: Tratamiento del Estudio.....	55

## RESUMEN EJECUTIVO

**Palabras clave: consumo, gasto, acceso, gas natural, hogares, usuarios residenciales**

En la presente investigación, se busca analizar el impacto sobre el nivel de gasto y consumo de los hogares con acceso a gas natural con respecto a aquellos hogares que cuentan con el servicio de gas licuado de petróleo (GLP) en los hogares de Lima Metropolitana para el año 2013. Así mismo, se busca analizar los principales determinantes del acceso al gas natural desde la perspectiva de los efectos marginales y la probabilidad de acceso.

Para ello, se utilizó la Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía (ERCUE) elaborada por el Osinergmin para el año 2013, de tal forma que se aplicaron técnicas econométricas de evaluación de impacto como *propensity score matching*, y modelos probit con efectos marginales. En consecuencia, se encontró que hay una doble dimensión por cuanto los hogares incrementan su consumo de gas natural en comparación con los hogares que utilizan GLP a un menor costo, así como significancia de algunas características de la vivienda y el hogar con respecto a la probabilidad de acceso al gas natural.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis es una investigación que tiene por objetivo evaluar el impacto del acceso al gas natural en el gasto y consumo energético mensual de los hogares en los distritos de Lima Metropolitana con respecto a los hogares que usan gas licuado de petróleo (GLP) para el año 2013, considerando también los determinantes del acceso al gas natural.

En nuestro país, el Ministerio de Energía y Minas y el Osinergmin vienen desarrollando las políticas necesarias para la masificación del gas natural. Según estimaciones del Osinergmin, al consumidor peruano del apartado de distribución de gas natural no gusta de costos fijos, lo cual contrasta con los altos costos fijos de la red de distribución de gas natural que deben ser recuperados a largo plazo. Así mismo, según la misma Entidad, el consumidor peruano de gas natural tiene una mayor disponibilidad de pago si las tarifas son mayormente a un cargo variable. Además, en el sector residencial, el bajo volumen de consumo reduce la competitividad del gas natural.<sup>1</sup>

A la fecha, son pocos estudios que han tomado en cuenta técnicas de “evaluación de impacto” sobre el consumo y gasto de los hogares como consecuencia de la disponibilidad de gas natural. De esta forma, esta investigación busca dar herramientas de política necesarias tanto al Osinergmin como al Ministerio de Energía y Minas para ampliar la cobertura del gas natural desde una perspectiva más amplia por parte de los usuarios residenciales (hogares).

La presente tesis está compuesta por seis secciones:

En la primera sección, se hace una explicación del planteamiento del problema de investigación en el que se exponen las razones por las cuales se lleva a

---

<sup>1</sup> Osinergmin (2013). “Regulación de Gas Natural I Distribución”. XI Curso de Extensión Universitaria.

cabo la presente investigación, así como la importancia de la misma, presentando las preguntas, variables e hipótesis correspondientes, entre otros aspectos que permitan alcanzar los objetivos trazados.

En la segunda sección, se describe el marco teórico, mencionando antecedentes, aspectos legales y bases teóricas, entre otros, que permitan una mejor aproximación a la relación entre el consumo energético y el precio, además de los determinantes del acceso al gas natural

En la tercera sección, se hace un análisis descriptivo de los hechos estilizados en el sector del gas natural en nuestro país con respecto a las reservas de gas natural, las reservas de líquidos de gas natural, la producción de gas natural, la producción de líquidos de gas natural, el ratio reserva-producción, las inversiones, los clientes y consumo por sectores, las exportaciones y los precios de distribución del gas natural.

En la cuarta sección, se muestra el marco metodológico empleado, detallando el tipo, método y diseño de investigación de la presente tesis, así como el método de tratamiento de datos, necesarios para probar las hipótesis planteadas en la primera sección. La técnica econométrica llevada a cabo para contrastar las dos primeras hipótesis será la del *propensity score matching* y para el caso de la tercera hipótesis, los efectos marginales del modelo probit.

En la quinta sección, se evalúan los resultados como consecuencia de la metodología empleada en la sección anterior.

Finalmente, en la sexta sección se exponen las conclusiones y recomendaciones de política.

## **CAPÍTULO 1:**

# **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

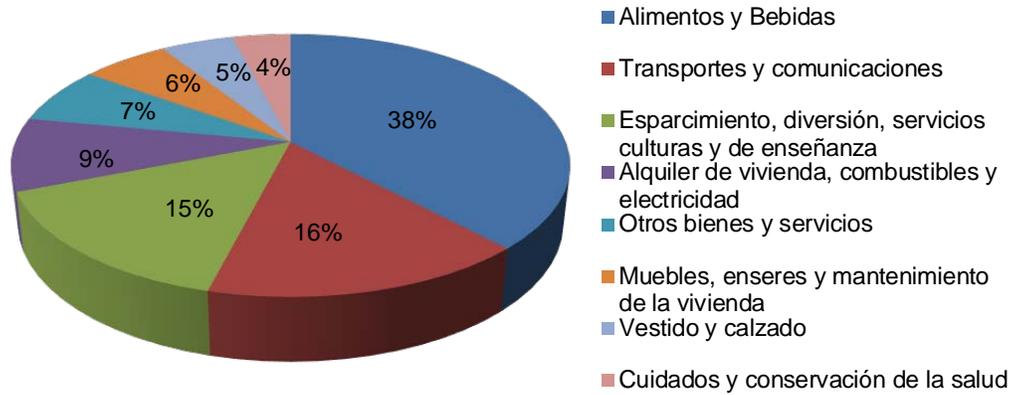
## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Exposición del problema**

El gas natural, en el mundo, constituye la tercera fuente de energía después del petróleo y el carbón. Durante los últimos 20 años, las reservas de gas natural han crecido a un ritmo de 5% anual aproximadamente, estimándose las reservas totales mundiales de este hidrocarburo en 150 billones de m<sup>3</sup>. Así mismo, según BP (ex British Petroleum), para el año 2013 el gas natural tiene un 23.7% de participación del consumo de fuentes energéticas a nivel mundial, solamente por detrás del petróleo (32.9%) y el carbón (30.1%) lo cual, además de su gran crecimiento como industria, demuestra la gran importancia que ha venido adquiriendo como combustible e insumo industrial para el desarrollo de las naciones.

En lo que respecta el peso del gasto de energía en la canasta familiar de los hogares del país, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el rubro “alquiler de vivienda, combustibles y electricidad” tiene un peso de 9% a diciembre del 2013, tal como se aprecia en el Gráfico N° 1. Así mismo, los combustibles solamente tienen un peso de 1.5%, dentro de ellos, el gas natural y el GLP.

**Gráfico N° 1: Gasto en la canasta familiar de los hogares del país a diciembre del 2013**



Fuente: INEI  
Elaboración: Propia

Es importante señalar que, si bien ni el gas natural ni el GLP (combustibles) tienen la mayor ponderación dentro de la canasta familiar, su uso dentro del hogar repercute en diversas actividades: sin su consumo, no se pueden cocinar los alimentos (cocción), y sin los alimentos, los integrantes del hogar tendrían muchas dificultades para realizar sus actividades cotidianas. Es por ello que el acceso a las fuentes de energía a menor precio es un tema de vital importancia para la toma de decisiones del jefe del hogar.

El gas natural, si se compara con otras fuentes de energía, es el energético que más beneficios brinda, ya que es un combustible menos contaminante que otras fuentes de energía y más económico que otros que existen en el mercado, entre los que están el petróleo y el carbón.

Dentro de este contexto, el arribo del gas natural ha representado una oportunidad importante de ahorro de energía, tanto a nivel de hogares (residencial) como de empresas (industrial). Si bien el consumo industrial es mayor al residencial, la cantidad de usuarios residenciales son mayores a los industriales, a quienes

mayormente van dirigidas las políticas de acceso al gas natural. En particular, los hogares que se encuentran dentro de la red de distribución podrían beneficiarse de menores precios si es que optan por conectarse a la red. Las primeras evaluaciones del ahorro potencial que podrían tener los consumidores residenciales fueron hechas por el Ministerio de Energía y Minas, asumiendo que el nivel de consumo una vez realizada la conversión se mantendría constante, dando como resultado porcentajes de ahorro cercanos al 50% en comparación con el gasto que se tenía antes de conectarse a la red.<sup>2</sup>

No obstante, el análisis del párrafo anterior en la reducción de precios del gas natural con respecto a sustitutos como el GLP, no toma en cuenta cuanto varía el consumo de los hogares. Así mismo, cuando se presentan estos estudios, tampoco se hace mucho énfasis en los determinantes del acceso al gas natural con respecto a características del jefe del hogar y la vivienda, por lo que, además, se requiere conocer a mayor profundidad la situación del hogar en análisis.

## **1.2. Formulación del problema**

- ¿Cómo impacta el acceso de los hogares al gas natural en el gasto energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013?
- ¿Cómo impacta el acceso de los hogares al gas natural en el consumo energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013?
- ¿El cambio porcentual con respecto al sexo, la edad y la edad al cuadrado del jefe del hogar, el hogar con equipo de calefacción, acceso a TV cable,

---

<sup>2</sup> Espinoza, Luis (2009). "Las Tarifas de Distribución de Gas Natural en el Perú. Marco Conceptual". La Revista del Gas Natural.

telefonía móvil, internet, la presencia de la actividad económica en el hogar, el techo de concreto, el número de ambientes en el hogar, la vivienda con medidor de agua y la vivienda propia tienen significancia estadística en el cambio de la probabilidad del acceso del gas natural en los hogares en Lima Metropolitana para el año 2013?

### **1.3. Objetivos**

- Analizar cómo impacta el acceso de los hogares al gas natural en el gasto energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013.
- Analizar cómo impacta el acceso de los hogares al gas natural en el consumo energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013.
- Analizar si los cambios porcentuales con respecto al sexo, la edad y la edad al cuadrado del jefe del hogar, el hogar con equipo de calefacción, acceso a TV cable, telefonía móvil, internet, la presencia de la actividad económica en el hogar, el techo de concreto, el número de ambientes en el hogar, la vivienda con medidor de agua y la vivienda propia tienen significancia estadística en el cambio de la probabilidad del acceso del gas natural en los hogares en Lima Metropolitana para el año 2013.

#### 1.4. Hipótesis

- **Primera hipótesis:** Los hogares con acceso al gas natural tienen un menor gasto energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013
- **Segunda hipótesis:** Los hogares con acceso al gas natural tienen un mayor consumo energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013.
- **Tercera hipótesis:** Los cambios porcentuales con respecto al sexo, la edad y la edad al cuadrado del jefe del hogar, el hogar con equipo de calefacción, acceso a TV cable, telefonía móvil, internet, la presencia de la actividad económica en el hogar, el techo de concreto, el número de ambientes en el hogar, la vivienda con medidor de agua y la vivienda propia son determinantes del cambio de la probabilidad del acceso del gas natural en los hogares en Lima Metropolitana para el año 2013.

#### 1.5. Variables

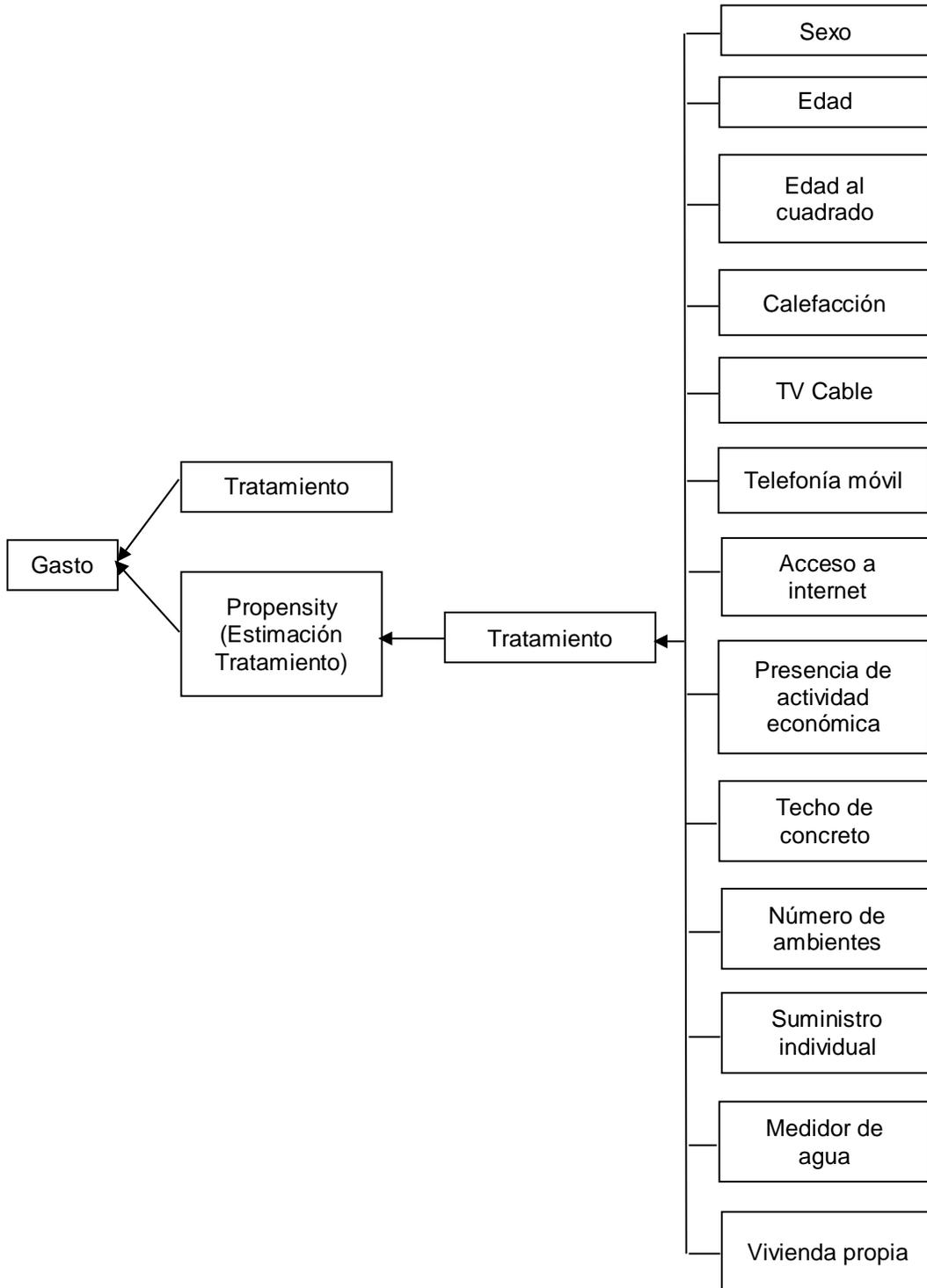
A continuación, describiremos las variables a utilizar para contrastar cada una de las hipótesis planteadas previamente. Los cuadros que se muestran a continuación nos permitirán conocer la descripción, tipo y unidad para cada una de las variables, mientras que los diagramas nos permitirán conocer a mayor detalle la relación de causalidad entre cada una de las variables.

**Cuadro N° 1: Variables correspondientes a la primera hipótesis**

Variable	Descripción	Tipo	Unidad
Gasto energético mensual	Gasto de los hogares en Gas Natural o GLP	Dependiente	Nuevos Soles
Propensity	Probabilidad estimada de acceso al gas natural. Toma valores entre 0 y 1. Es igual a los valores estimados del probit cuya variable dependiente es la variable "tratamiento".	Independiente para el Gasto	Unidad
Tratamiento	1 si es que accede a Gas Natural y 0 si accede a GLP	Independiente para el Gasto	Dicotómica
Sexo del jefe del hogar	1 si es varón y 0 si es mujer	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Edad del jefe del hogar	Años del jefe del hogar	Independiente para el Tratamiento	Años
Edad al cuadrado del jefe del hogar	Años al cuadrado del jefe del hogar	Independiente para el Tratamiento	Años
Hogar con equipo de calefacción	1 si es que el hogar cuenta con equipo de calefacción, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Hogar con acceso a TV cable	1 si es que el hogar cuenta con acceso a TV cable, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Hogar con acceso a telefonía móvil	1 si es que el hogar cuenta con acceso a telefonía móvil, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Hogar con acceso a internet	1 si es que el hogar cuenta con acceso a internet, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Presencia de actividad económica en el hogar	1 si es que cuenta con presencia económica en el hogar y 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Techo de concreto	1 si es que cuenta con techo de concreto en el hogar y 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Número de ambientes en el hogar	Cantidad de ambientes en el hogar (ejm: dormitorios, sala, comedor)	Independiente para el Tratamiento	Unidades
Suministro individual	1 si la vivienda cuenta con suministro individual, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Vivienda con medidor de agua	1 si la vivienda cuenta con medidor de agua, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Vivienda propia	1 si la vivienda es propia, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica

Fuente: ERCUE 2013, Osinergmin  
 Elaboración: Propia

Diagrama N° 1: Variables correspondientes a la primera hipótesis



Fuente: ERCUE 2013, Osinergmin  
Elaboración: Propia

**Cuadro N° 2: Variables correspondientes a la segunda hipótesis<sup>3</sup>**

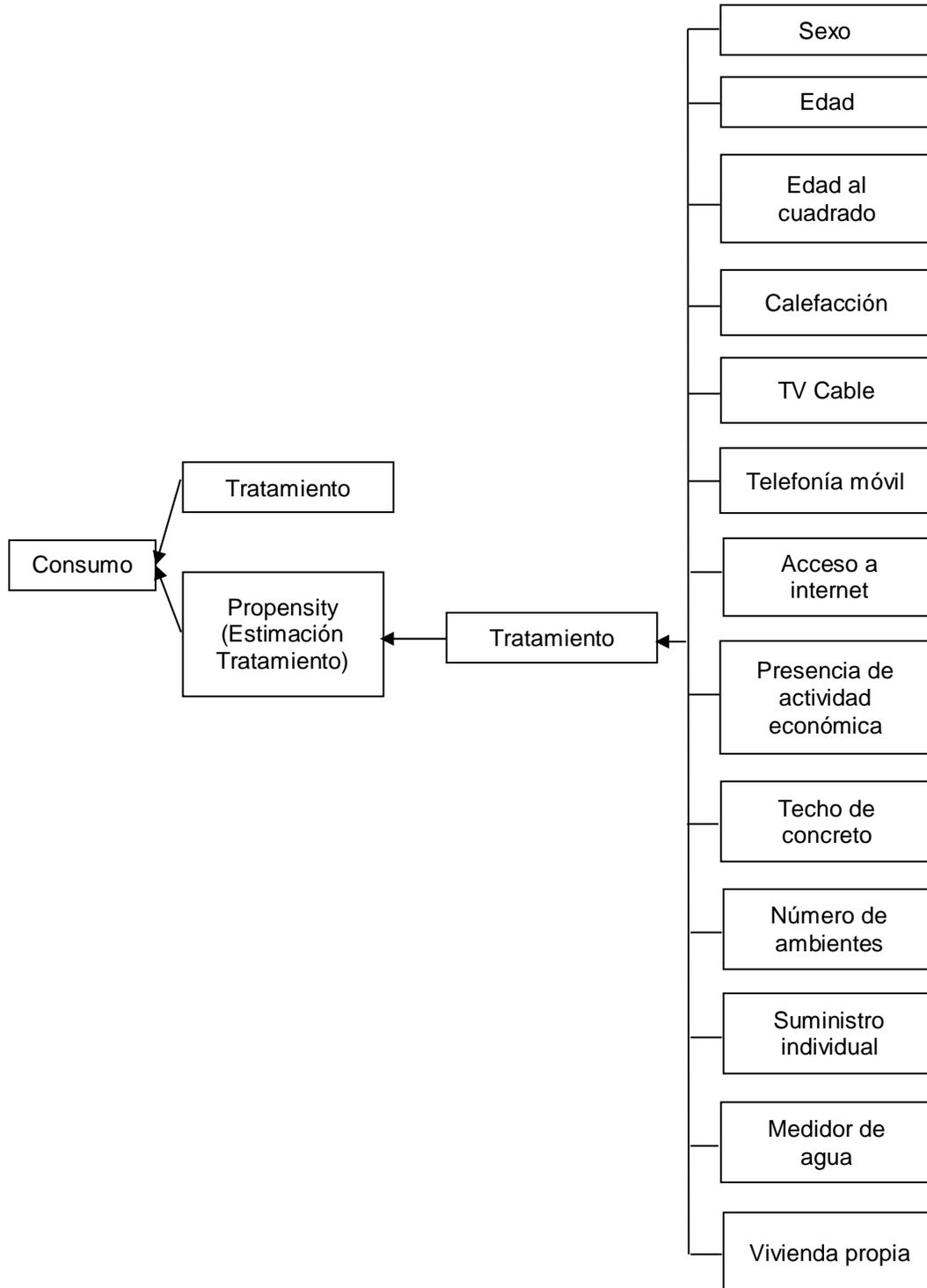
Variable	Descripción	Tipo	Unidad
Consumo energético mensual	Consumo de los hogares en Gas Natural o GLP	Dependiente	MMBTU
Propensity	Probabilidad estimada de acceso al gas natural. Toma valores entre 0 y 1. Es igual a los valores estimados del probit cuya variable dependiente es la variable "tratamiento".	Independiente para el Consumo	Unidad
Tratamiento	1 si es que accede a Gas Natural y 0 si accede a GLP	Independiente para el Consumo	Dicotómica
Sexo del jefe del hogar	1 si es varón y 0 si es mujer	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Edad del jefe del hogar	Años del jefe del hogar	Independiente para el Tratamiento	Años
Edad al cuadrado del jefe del hogar	Años al cuadrado del jefe del hogar	Independiente para el Tratamiento	Años
Hogar con equipo de calefacción	1 si es que el hogar cuenta con equipo de calefacción, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Hogar con acceso a TV cable	1 si es que el hogar cuenta con acceso a TV cable, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Hogar con acceso a telefonía móvil	1 si es que el hogar cuenta con acceso a telefonía móvil, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Hogar con acceso a internet	1 si es que el hogar cuenta con acceso a internet, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Presencia de actividad económica en el hogar	1 si es que cuenta con presencia económica en el hogar y 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Techo de concreto	1 si es que cuenta con techo de concreto en el hogar y 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Número de ambientes en hogar	Cantidad de ambientes en el hogar (ejm: dormitorios, sala, comedor)	Independiente para el Tratamiento	Unidades
Suministro individual	1 si la vivienda cuenta con suministro individual, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Vivienda con medidor de agua	1 si la vivienda cuenta con medidor de agua, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica
Vivienda propia	1 si la vivienda es propia, 0 en otro caso	Independiente para el Tratamiento	Dicotómica

Fuente: ERCUE 2013, Osinergmin

Elaboración: Propia

<sup>3</sup> El consumo de energía será medido en MMBTU tanto para gas natural como GLP. En el caso del gas natural, se tiene que  $28 \text{ m}^3 = 1 \text{ MMBTU}$ , mientras que 2.1 balón de GLP de 10 kg es igual a 1 MMBTU

Diagrama N° 2: Variables correspondientes a la segunda hipótesis



Fuente: ERCUE 2013, Osinergmin  
Elaboración: Propia

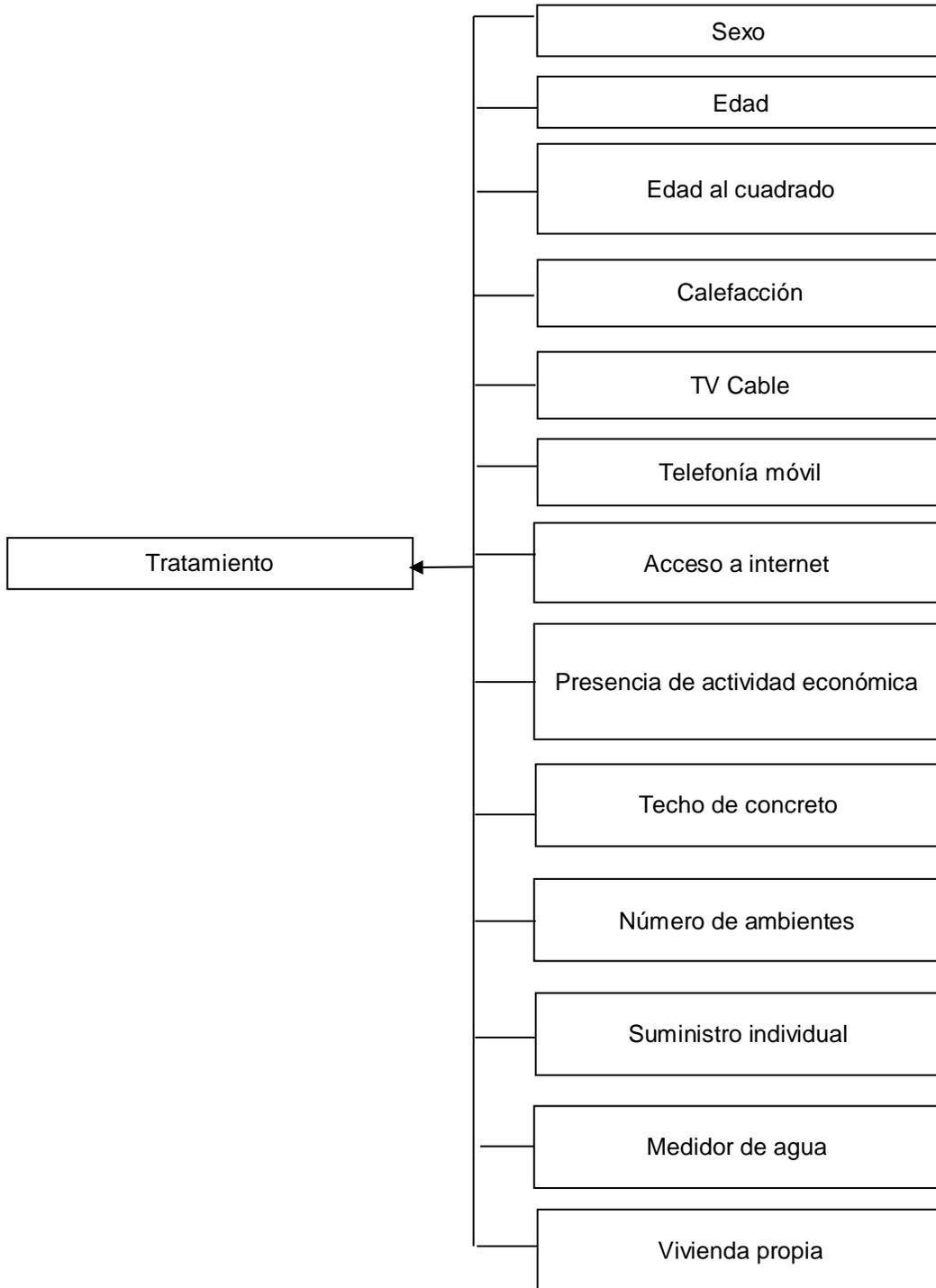
**Cuadro N° 3: Variables correspondientes a la tercera hipótesis**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>
Tratamiento	1 si es que accede a Gas Natural y 0 si accede a GLP	Dependiente	Dicotómica
Sexo del jefe del hogar	1 si es varón y 0 si es mujer	Independiente	Dicotómica
Edad del jefe del hogar	Años del jefe del hogar	Independiente	Años
Edad al cuadrado del jefe del hogar	Años al cuadrado del jefe del hogar	Independiente	Años
Hogar con equipo de calefacción	1 si es que el hogar cuenta con equipo de calefacción, 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica
Hogar con acceso a TV cable	1 si es que el hogar cuenta con acceso a TV cable, 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica
Hogar con acceso a telefonía móvil	1 si es que el hogar cuenta con acceso a telefonía móvil, 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica
Hogar con acceso a internet	1 si es que el hogar cuenta con acceso a internet, 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica
Presencia de actividad económica en el hogar	1 si es que cuenta con presencia económica en el hogar y 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica
Techo de concreto	1 si es que cuenta con techo de concreto en el hogar y 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica
Número de ambientes en el hogar	Cantidad de ambientes en el hogar (ejm: dormitorios, sala, comedor)	Independiente	Unidades
Suministro individual	1 si la vivienda cuenta con suministro individual, 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica
Vivienda con medidor de agua	1 si la vivienda cuenta con medidor de agua, 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica
Vivienda propia	1 si la vivienda es propia, 0 en otro caso	Independiente	Dicotómica

Fuente: ERCUE 2013, Osinergmin

Elaboración: Propia

**Diagrama N° 3: Variables correspondientes a la tercera hipótesis**



Fuente: ERCUE 2013, Osinergmin  
Elaboración: Propia

## **1.6. Alcances de la investigación**

La presente investigación explorará el consumo y gasto energético mensual para los hogares de Lima Metropolitana en el año 2013. Además del Callao, en la actualidad el gas natural también llega a la región Ica desde el año 2014. Así mismo, las estadísticas de consumo de los hogares en la región Ica ya son registradas por el Ministerio de Energía y Minas. Sin embargo, como la presente tesis solo abarca a Lima Metropolitana en el año 2013, estas estadísticas no se considerarán para el análisis.

Esta investigación abarca únicamente al sector residencial dentro de la cadena de distribución y comercialización del gas natural, sin considerar a usuarios de los sectores comerciales, industriales, eléctricos y de gas natural vehicular (GNV).

El presente estudio utiliza solamente características de la vivienda como del jefe del hogar, de tal forma que puedan ser sujetos a evaluación como determinantes del acceso de un hogar al servicio de gas natural.

## **1.7. Justificación e importancia de la investigación**

La justificación de la presente investigación radica en el hecho de que en el Perú, el Ministerio de Energía y Minas y el Osinergmin vienen desarrollando las políticas necesarias para la masificación del gas natural.

Por su parte, la importancia de la investigación está basada en explorar conocimientos y relaciones del consumo del gas natural en los hogares con respecto al precio, en comparación con aquellos hogares que consumen GLP. De esta forma, se tiene un mejor contacto con la realidad a fin de conocerla mejor.

Con esta tesis, se pretende dar una herramienta de soporte a los encargados de decisiones de política de cobertura de acceso a Gas Natural en Lima Metropolitana (principalmente del área de distribución), mediante la determinación de la valoración de los beneficios en comparación a los costos de poder contar con el servicio de gas natural. Así mismo, el estudio de las variables implicadas en los determinantes del acceso al gas natural tanto de jefe del hogar como de vivienda, continuarán estableciendo una metodología que permita adaptar el desarrollo empírico del análisis a otras regiones y países.

### **1.8. Dificultades de la investigación**

A continuación, se mencionan algunas dificultades encontradas en la presente investigación:

- Falta de acceso a la información de las tarifas anuales de gas natural desagregadas de forma mensual por parte de la empresa distribuidora de gas natural, Gas Natural de Lima y Callao S.A. (CALIDDA), dependiendo únicamente del último acceso a la web por parte del investigador, el cual fue a noviembre del 2013.
- Falta de presupuesto para poder levantar la información necesaria que permita lograr los objetivos de la presente investigación. Es por ello que se recurrió a la última ERCUE elaborada por el Osinergmin, la cual data del año 2013.
- En línea con lo anterior, Osinergmin también publica una encuesta del módulo de gas natural a partir de la ERCUE, con un número de observaciones mayor de usuarios de gas natural con respecto al ERCUE y realizada meses después de la anterior. No obstante, en el módulo de

gas natural solo se toma en cuenta a los usuarios del gas natural, por lo que resulta inviable una comparación con usuarios con otro tipo de fuentes de energía. En consecuencia, solo se utilizó la ERCUE 2013.

**CAPÍTULO 2:**

**MARCO TEÓRICO**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

Al respecto, esta no es la primera investigación de este tipo. En el Perú, Apoyo Consultoría en mayo del 2007 en el documento *“Proyecto Camisea: Impacto sobre el mercado de gas natural y estimación de los beneficios económicos”*, analiza la evolución, situación actual y las perspectivas del desarrollo del mercado del gas de Camisea y estima los beneficios económicos generados por la explotación del yacimiento en términos de ahorros para los consumidores nacionales de gas natural y efectos en las variables macroeconómicas (principalmente, PBI, cuentas fiscales y balanza comercial de hidrocarburos). Demuestran que el Proyecto Camisea ha tenido un impacto positivo en la economía y que éste no se ha limitado a la gran industria o a la actividad de generación eléctrica.

Así mismo, Osinergmin, en el Documento de Trabajo N° 27 *“Evaluación de Impacto del Gas Natural sobre Consumidores Residenciales”* de noviembre del 2009, analiza el impacto sobre el nivel de gasto y consumo de los nuevos consumidores con acceso al servicio de gas natural residencial. Utilizando una encuesta diseñada específicamente con este propósito (ERCUE 2007) y técnicas de evaluación de impacto, encuentran que el ahorro es ligeramente mayor a lo pronosticado por las

empresas y el regulador. No obstante, no se hace mucho énfasis sobre los determinantes del acceso al gas natural, tales como los efectos impacto.

A nivel internacional, Jeremy Weber (2014) en "*Shale Gas Development and Housing Values over a Decade: Evidence from the Barnett Shale*", analiza el impacto de introducir *shale gas* en algunas ciudades del estado de Texas en Estados Unidos a lo largo del ciclo de desarrollo de implementación del *shale gas* para el período comprendido entre 1997 y 2013, utilizando técnicas de *propensity score matching*, mediante variables como tasa de interés, ratings crediticios y facilidades de acceso al servicio. Encuentra impactos positivos a lo largo del tiempo como consecuencia de las políticas de financiamiento al *shale gas*.

De igual forma, Vibeke H. Kjaerbye en "*Does energy labelling on residential housing cause energy savings?*" (2009), analiza la problemática de los hogares daneses que utilizan más del 30% de la cantidad total de energía que se utiliza en Dinamarca, de la cual, más del 80% se dedica a la calefacción. En paralelo, estimó el potencial de ahorro de energía correspondiente en el 30% de la energía utilizada en los edificios. Para ello, introdujo como variable de análisis el sistema de etiquetado el cual consiste en elaborar escalas de consumo de un aparato desde la más eficiente (Clase A, color verde) hasta la menos eficiente (Clase G, color rojo), permitiendo a los consumidores que puedan elegir aquellos productos que consumen menos energía y de esta forma, ahorrar dinero. Así mismo, ofrece la posibilidad a las empresas a invertir en el desarrollo y diseño de productos de bajo consumo. En su documento de trabajo, evalúa los efectos del sistema de etiquetado energético danés sobre el consumo de energía en viviendas unifamiliares existentes con correspondencia utilizando técnicas de *propensity score matching* para el consumo real de gas natural y una amplia gama de datos de los registros que describen las casas y hogares. El estudio no encontró un importante ahorro energético, debido al sistema de etiquetado

danesa de Energía, recomendando que se necesita más investigación para complementar esta conclusión.

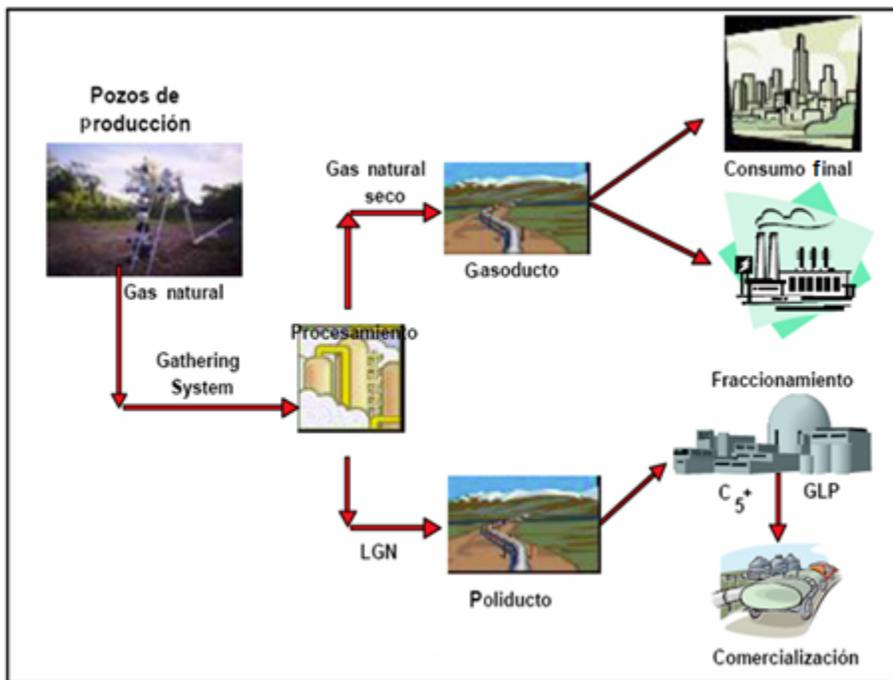
## 2.2. Cadena de valor de la industria del gas natural

De acuerdo a los lineamientos del Ministerio de Energía y Minas, podemos encontrar que los principales agentes de la cadena del gas natural, son:

- **Productores:** Realizan actividades económicas que aportan valor agregado.
- **Transportistas:** Se dedican al transporte del gas.
- **Facilidades de almacenamiento:** Referidas a la correcta operación en los procesos de almacenamiento, manejo y tratamiento del gas natural en las instalaciones de superficies.
- **Distribuidor:** Encargado del desarrollo, operación y mantenimiento de infraestructuras, ya sea por redes o acometidas.
- **Comercializador:** Es la persona natural o jurídica que, sin ser la Sociedad Concesionaria ni Transportista, compra y vende gas o capacidad de transporte de gas o de distribución, por cuenta propia o de terceros.
  - **Consumidor regulado:** Consumidor que adquiere gas natural a tarifas fijadas por el Gobierno. En el Perú es aquel cuyo volumen de compra es menor o igual a treinta mil metros cúbicos estándar por día (30 000 m<sup>3</sup>/día).
  - **Consumidor independiente:** Consumidor que adquiere gas natural directamente del productor, comercializador o concesionario. En el Perú es aquel cuyo volumen de compra es mayor a los treinta mil metros cúbicos estándar por día (30 000 m<sup>3</sup>/día) y por un plazo contractual no menor a seis (6) meses.

En la cadena de valor del gas natural, los concesionarios cuentan con un contrato de licencia, en el cual el estado otorga el derecho de explorar y/o explotar el hidrocarburo, recibiendo a cambio una contraprestación llamada regalía. Así mismo, los contratos sobre los servicios públicos utilizan el esquema BOOT (*Build, Own, Operate, Transfer*) lo que significa: construir, ser propietario, prestar el servicio y finalmente transferir al Estado la propiedad de los bienes de Concesión. La estructura de cadena de valor del gas natural es la que se muestra en el Gráfico N° 2:

**Gráfico N° 2: Estructura de cadena de valor del gas natural**



Fuente y elaboración: Gerencia de Fiscalización de Gas Natural de Osinergmin

Esta cadena de valor del gas natural también se puede ver desde un punto de vista económico. Como se mencionó anteriormente, la cadena de valor del gas natural se puede agrupar en explotación, transporte y distribución.

El encargado de llevar a cabo el proceso de explotación de gas natural es el Consorcio Pluspetrol, como parte de un segmento competitivo. En el año 2007, este Consorcio y el Estado peruano suscribieron un contrato sobre el precio de gas natural

para las regiones en el que se dan una serie de medidas promocionales, como un precio menor de gas natural en boca de pozo. Este proceso se lleva a cabo desde los Yacimientos de Camisea, San Martín, Cashiriari y La Convención hasta la Planta de Separación de Las Malvinas en Cusco. La etapa de explotación de gas natural es de libre mercado, excepto Camisea.

Por su parte, en el sector transporte (gas y líquidos) el operador es la empresa Transportadora de Gas del Perú (TGP), el cual se adjudicó el gasoducto desde Camisea hasta Lima en febrero del año 2000, con una capacidad mínima actual en el punto de derivación de 450 MMPCD y una capacidad en el *City Gate* hasta 400 MMPCD. Actualmente, está en un proceso de ampliar la capacidad a 920 MMPCD y 1,270 MMPCD respectivamente en ambos puntos. A diferencia del proceso de explotación, la actividad del transporte forma parte de un monopolio regulado debido a que es un servicio público que tiene a ser un monopolio natural: a la sociedad le resultaría ineficiente tener dos sistemas de tuberías que lleven el gas natural desde el punto de derivación al *City Gate* ya que se incurrirían en mayores costos. Así mismo, pueden ocurrir conflictos entre los intereses públicos (buen servicio a bajo costo) y privados (maximizar utilidades). Este proceso se lleva a cabo desde la Planta de Separación de Las Malvinas hasta el *City Gate* ubicado en Lurín, Lima y/o hasta Cañete en caso el gas natural se destine a la exportación, siendo Osinergmin el encargado de fijar los precios de la tarifa base de concurso público y la tarifa regulada.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> La tarifa base se define como el cociente del costo del servicio de gas natural (inversión más costos de operación y mantenimiento o valor ofertado por el inversionista) respecto al valor presente de los flujos de capacidad garantizada (capacidad que debe instalar el Inversionista en el tiempo que establece el contrato) con una tasa de descuento de 12% y con un horizonte temporal definido según la vida útil del proyecto y el desfase entre el valor de la oferta y el inicio de la operación. Por su parte, la tarifa regulada se define como el cociente del costo de servicio de gas natural respecto al valor presente de los flujos de demanda real (capacidad contratada), con un horizonte temporal definido tal como sucede en el caso de la tarifa base. En cada revisión tarifaria, se observará el período que falta por recuperar. Es decir, si el período de vida útil es de 30 años y se encuentra en la tercera revisión (ya pasaron 6 años), entonces el valor resultante de la vida útil del proyecto será igual a 24 años. La tarifa base se actualiza cada 2 años y la tarifa regulada es definida por el Osinergmin. Los conceptos de costo de servicio, capacidad garantizada y capacidad contratada son definidos en la Ley N° 27133.

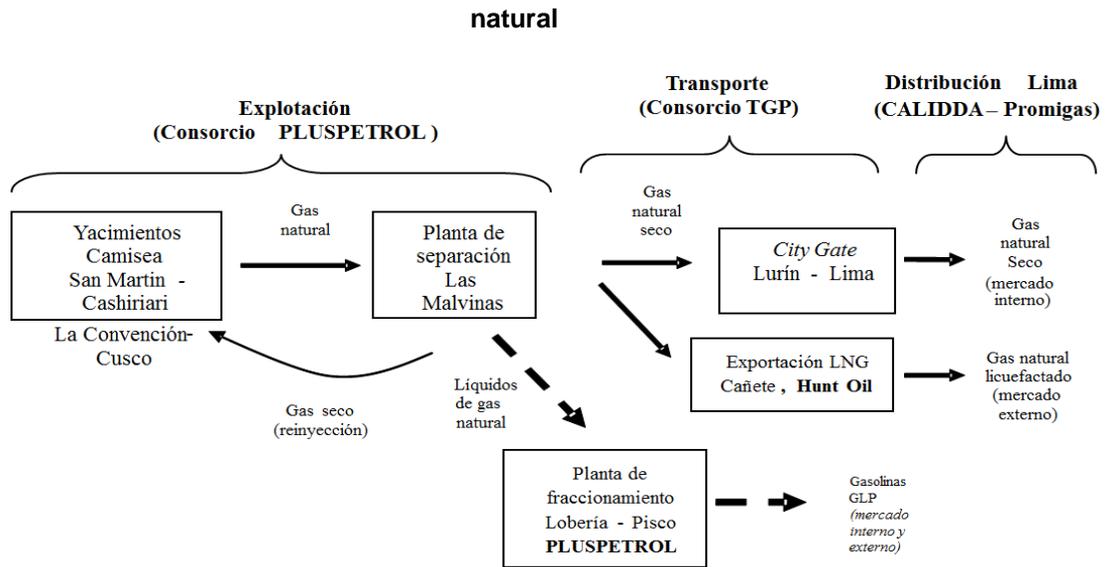
Finalmente, en el segmento de distribución, la empresa encargada de llevar a cabo esta etapa es CALIDDA, la cual implementa una red común de conexiones de alta y baja presión que son la base de la conexión final a los clientes del servicio. No obstante lo anterior, se pueden implementar otras redes que son parte del sistema de distribución no comprendida en la red de distribución (red de alta presión + conexiones). Las otras redes, conocidas también como “redes de baja presión” están constituidas por las obras del Plan de crecimiento comprometido, las extensiones o ramales de la red de distribución no considerados como parte de las obras comprometidas y las demás instalaciones para la prestación del servicio. Esta actividad también forma parte de un monopolio regulado debido a que es un servicio público que abastece a una variedad de usuarios sobre los cuales se requiere definir una tarifa que cada cliente pueda pagar por el servicio brindado. En ese sentido, se trata de ajustar los ingresos tarifarios a los costos regulados a la empresa monopolista (CALIDDA), según la tarifa correspondiente. La tarifa regulada o tarifa única de distribución (TUD) que servirá para la determinación de precios de Camisea se define como el cociente del costo de servicio de distribución,<sup>5</sup> respecto a la demanda total de consumidores en la etapa de distribución de gas natural. Al igual que en la etapa de distribución, Osinergmin es el encargado de calcular esta tarifa.

Los conceptos mencionados anteriormente se pueden resumir en el Diagrama N° 4:

---

<sup>5</sup> El costo de servicio de distribución comprende el costo de las instalaciones existentes y las instalaciones proyectadas.

**Diagrama N° 4: Esquema de la Explotación, Transporte y Distribución del gas**



Fuente y elaboración: Oficina de Estudios Económicos – Osinergmin

Este esquema no es aplicado solamente en Perú, sino que se generaliza en toda Sudamérica. Salvo México y Venezuela, países en los que encontramos un monopolio administrado por el Estado a lo largo de toda la cadena de la industria del gas natural, el modelo de gas natural comprende un esquema de libre competencia en la etapa de explotación y de monopolio regulado en transporte y distribución. El Cuadro N° 4 amplía lo descrito anteriormente:

**Cuadro N° 4: Modelo de gas natural en Latinoamérica**

	Explotación	Transporte	Distribución
Chile	Libre	Libre	Libre
Argentina	Libre con audiencia	Regulado	Regulado
Perú	Libre	Regulado	Regulado
Bolivia	Regulado	Regulado	Regulado
Colombia	Libre	Regulado	Regulado
Brasil	Libre	Regulado	Regulado
México	Monopolio administrado por el Estado con concesiones		
Ecuador	Libre	Regulado	Regulado
Venezuela	Monopolio administrado por el Estado		

Fuente y elaboración: Ormeño, V. et.al. (2008)

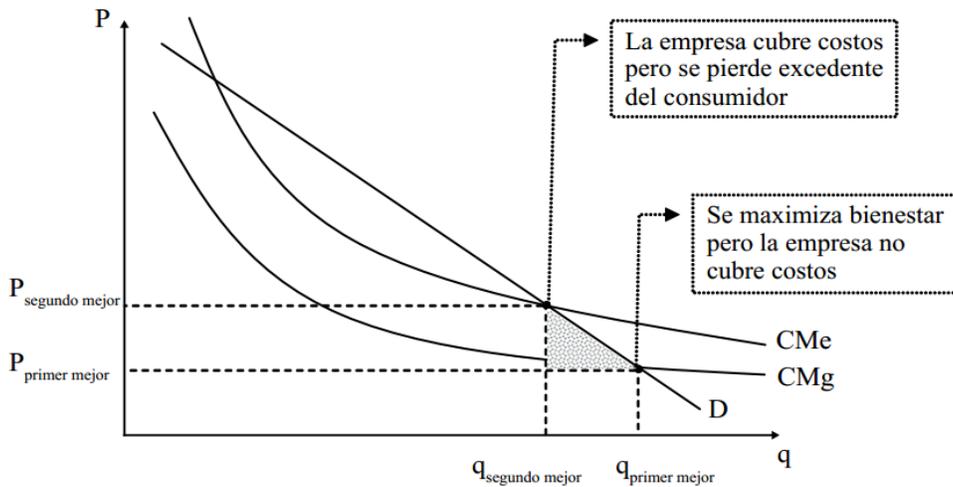
Una vez explicado el funcionamiento de la industria del gas natural, es importante definir el marco conceptual de la regulación de la distribución del gas natural, ya que a eso apunta la presente tesis.

### **2.3. Establecimiento de las tarifas de distribución de gas natural**

Como se dijo anteriormente, la distribución del gas natural mediante gasoductos tiene un esquema de monopolio natural. Según la teoría económica, para maximizar el beneficio social se debe establecer un ingreso marginal igual al costo marginal. En el caso del monopolio natural, el beneficio social se maximiza cuando el monopolista produce una cantidad tal que la sociedad está dispuesta a pagar un precio por unidad adicional igual a su costo marginal. Al escenario en el que se obliga al monopolista a producir determinada cantidad y cobrar el precio correspondiente, se le conoce como primer mejor (*first best*). A pesar de ello, este escenario arrojaría pérdidas económicas para el monopolista.

Si bien el resultado de primer mejor podría mejorarse y lograrse a través de un subsidio al monopolista para que pueda cubrir la diferencia entre los costos medios y los costos marginales, implicaría necesariamente la recaudación de estos recursos vía impuestos, lo cual resulta complicado, además de ser ineficiente para la sociedad. Una alternativa de solución sería obligar al monopolista a producir una cantidad que le permita cubrir todos sus costos sin pérdidas ni utilidades adicionales. Al escenario en el que se fija una tarifa del monopolista igual al costo medio y no al costo marginal, se le denomina segundo mejor (*second best*). No obstante, fijar los precios a este nivel implica que un grupo de consumidores no pueda acceder al servicio, lo cual generaría una pérdida de excedente del consumidor, tal como se muestra en el Gráfico N° 3.

**Gráfico N° 3: Precios de primer y segundo mejor**



Fuente y elaboración: Dammert, A. et. al.(2008)

Así mismo, en las redes de distribución de gas natural se cuenta con una gran variedad de costos fijos comunes a distintos tipos de usuarios, los cuales muchas veces son difíciles de identificar. Bajo este contexto, una alternativa de solución es utilizar la discriminación de precios para los usuarios a la vez que se provean los ingresos necesarios para la empresa regulada. Una metodología que ayuda a definir estos precios es la metodología de los precios Ramsey, un esquema teórico según el cual se debe incrementar en mayor proporción los precios de aquellos bienes con menor elasticidad, ya que de esta forma el monopolista cubre todos sus costos con la menor pérdida posible del excedente del consumidor.<sup>6</sup>

Para la aplicación de los modelos de precios Ramsey se deben utilizar elasticidades precio de la demanda, las cuales se obtienen de modelos econométricos o estadísticos a partir de series de tiempo o encuestas de consumos de hogares.

---

<sup>6</sup> Para mayor detalle sobre los precios Ramsey, ver el apartado "Anexos"

En el aspecto aplicativo, las tarifas de Distribución en Lima y Callao se dividen en:<sup>7</sup>

- Tarifas de alta presión por la Red Principal.
- Tarifas de las otras redes, expresadas por categorías volumétricas.
- Tarifas por la tubería de conexión para los consumidores menores a 300 m<sup>3</sup> por mes.
- Tarifas por la acometida (inversión más mantenimiento para los consumidores menores a 300 m<sup>3</sup> por mes).
- Topes máximos por tubería de conexión y acometidas para el resto de consumidores regulados (menores o iguales a 30 mil m<sup>3</sup> por día).

A partir del año 2002, se dio la posibilidad de que el concesionario pida una revisión de tarifas antes de cumplir el plazo de las tarifas vigentes, lo cual permite una nueva relación de precios dependiendo si la empresa toma esta opción y si se llega a un acuerdo con Osinergmin.

#### **2.4. Marco Legal**

Desde el aspecto legal, la cadena de valor de la producción en la industria del gas natural ha avanzado en paralelo.

El Estado Peruano, mediante la Ley N° 26221 aprueba la Ley Orgánica de Hidrocarburos. Esta primera ley es la que da paso a la Ley N° 27133, Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural, definió el accionar del estado en los proyectos de la industria del gas natural, estableciendo condiciones destinadas a permitir el desarrollo de la Industria del gas natural tales como el fomento de la competencia así como la diversificación de fuentes de energía en los sectores relacionados al ámbito industrial, residencial y transporte.

---

<sup>7</sup> La instalación interna no está sujeta a la intervención del Osinergmin. Tampoco se incluye dentro de las actividades monopólicas del concesionario.

En lo que respecta a la explotación, el Decreto Supremo N° 021-2000-EM aprueba el contrato de licencia para la explotación de Hidrocarburos en el Lote 88.

Así mismo, el Decreto Supremo N° 006-2006-EM, aprueba la modificación del Contrato para la Explotación de Hidrocarburos en el Lote 88, correspondiente a la inclusión de un régimen de regalía para proyectos relacionados con plantas de gas natural licuefactado en el Contrato de Licencia para la Explotación de Hidrocarburos en el Lote 88. Finalmente, el Decreto Supremo N° 064-2006-EM, aprueba la modificación de Contrato de Licencia para la Explotación de Hidrocarburos en el Lote 88, relacionado con la modificación del Factor de Ajuste para la determinación del Precio Realizado máximo del gas natural. Por su parte, en el Lote 56 mediante Decreto Supremo N° 033-2004-EM, se aprueba el Contrato de Licencia para la Explotación de Hidrocarburos en Lote 56, con una modificación del Contrato de Licencia mediante Decreto Supremo N° 039-2006-EM.

Por el lado del transporte, el gas natural se transporta principalmente a través de gasoductos y como gas natural licuado (GNL) en los llamados buques metaneros y camiones criogénicos, asimismo se puede transportar en cilindros de alta presión (como gas natural comprimido o GNC). Dentro de las normas legales más importantes tenemos el Decreto Supremo N° 081-2007-EM, que aprueba el Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos,<sup>8</sup> las normas de Servicio de Transporte de Gas Natural por Ductos mediante Decreto Supremo N° 018-2004-EM y las Condiciones Generales para la Asignación de Capacidad de Transporte de Gas Natural por Ductos mediante Decreto Supremo N° 016-2004-EM.

Finalmente, en lo relacionado a la distribución, mediante Decreto Supremo N° 042-99-EM se definió a la etapa de Distribución como “(...)un servicio público de Suministro de Gas Natural por red de ductos prestado por el Concesionario a través

---

<sup>8</sup> Con modificatorias mediante Decreto Supremo N° 046-2010-EM, publicado el 05/08/2010, Decreto Supremo N° 067-2010-EM, publicado el 10/12/2010, y Decreto Supremo N° 007-2012-EM, publicado el 27/03/2012.

*del Sistema de Distribución(...)*”. Por su parte, el sistema de distribución fue definido en este mismo Decreto Supremo como “*(...)la parte de los Bienes de la Concesión que está conformada por las estaciones de regulación de puerta de ciudad (City Gate), las redes de distribución y las estaciones reguladoras que son operados por el Concesionario bajo los términos del Reglamento y del Contrato (...)*”.

Con la finalidad de promover el desarrollo de los mercados de gas a nivel industrial, automotor y residencial, mediante Decreto Supremo N° 063-2005-EM se creó la Comisión Nacional para la Promoción del Uso de Gas Natural para generar una cultura de utilización de gas natural. En ese sentido, se definió el régimen de la comercialización del gas natural comprimido (GNC) y el gas natural licuado (GNL), cuyo reglamento fue aprobado mediante Decreto Supremo N° 057-2008-EM.

Para facilitar las conexiones domiciliarias del servicio público de distribución de gas natural se creó la Ley N° 29706, eliminando el cobro del permiso municipal a favor de los usuarios domésticos, a fin de efectuar conexiones domiciliarias y así lograr la facilitación del uso de gas natural. De igual forma, para continuar con el proceso de promoción de la masificación del gas natural se creó la Ley N° 29969, la cual dictó disposiciones sobre el desarrollo de sistemas de transporte por ductos y de transporte de gas natural comprimido y gas natural licuado, a fin de acelerar la transformación prioritaria del sector residencial, los pequeños consumidores, así como el transporte vehicular en las regiones del país.

## **2.5. Bases teóricas del consumo del gas natural por parte de los hogares**

De acuerdo con las tarifas al 2013, se han establecido siete categorías de tarifas por rango volumétrico, tal como se muestra en el Cuadro N° 5. Por encima de los 30 mil m<sup>3</sup>, los consumidores son libres de contratar con la distribuidora o directamente con el explotador. Los hogares se encuentran en la categoría tarifaria A.

**Cuadro N° 5: Categorías tarifarias finales reguladas**

Categoría tarifaria	Rango de consumo	Actividad económica principal
	m <sup>3</sup> /mes	
A	0 - 300	Residencial y Comercial
B	301 - 17 500	Industrial Menor
C	17 501 - 300 000	Industrial Menor
D	300 000 - 900 000	Industrial Menor
GNV	Estaciones GNV	Gasocentro GNV
E	Más de 900 000	Industrial Mayor
GE	Generadores Eléctricos	Generación Eléctrica

Fuente y elaboración: Oficina de Estudios Económicos – Osinergmin

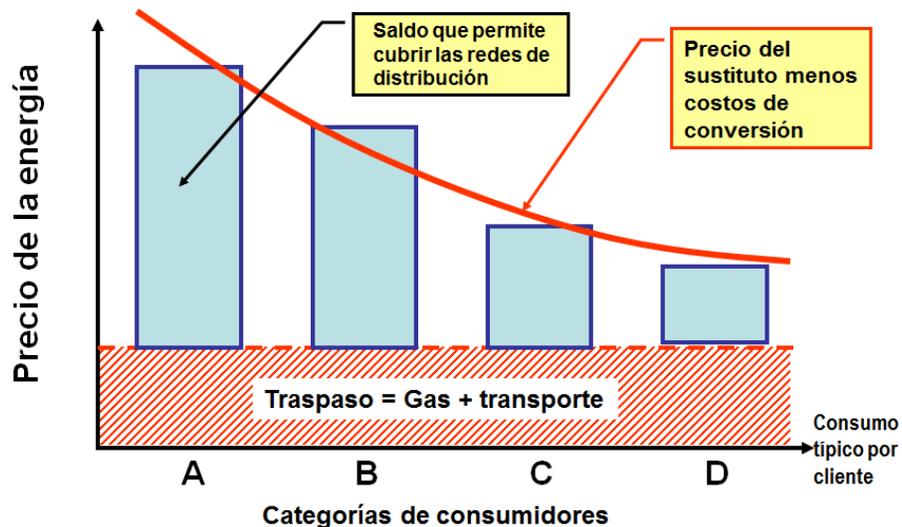
## **2.6. Bases teóricas del precio a pagar del gas natural por parte de los hogares**

El modelo de tarifas seguido por el Osinergmin busca discriminar entre los tipos de cliente de tal forma que al ahorro de los consumidores por usar el gas natural sea en igual proporción. Dentro del diseño de tarifas de distribución de gas natural mediante redes para Lima y Callao, considerando una sola elasticidad para todos los usuarios de gas natural. A partir de ello, se determina una demanda de gas natural según el consumo agregado y la disposición a pagar de cada uno de los usuarios. Esta disposición a pagar estará en función del sustituto a cambiar y se calcula como la diferencia entre el precio del sustituto menos los costos de conversión,<sup>9</sup> tal como se muestra en el Gráfico N° 4:

---

<sup>9</sup> Costo de la red interna y la conexión a la red pública menos el precio del gas, el costo del transporte y la tarifa de distribución de la red principal. Para mayor detalle, revisar: [http://larevistadelgasnatural.osinerg.gob.pe/articulos\\_recientes/files/archivos/19.pdf](http://larevistadelgasnatural.osinerg.gob.pe/articulos_recientes/files/archivos/19.pdf)

Gráfico N° 4: Distribución de costos de la red común



Fuente y elaboración: XI Curso de Extensión Universitaria del Osinergrmin (2013)

Lo que a continuación hace el Osinergrmin es estimar una curva de demanda con la cual se permita recuperar los costos de la red de distribución. Así mismo, como mecanismo de incentivo se incluye que la empresa distribuidora solo recupere un porcentaje razonable de las nuevas redes y no todo el excedente del consumidor. Este porcentaje representa los costos de Distribución sobre la disposición a pagar del usuario por estas nuevas redes, de tal forma que el precio que pague el usuario sea igual al costo de distribución de la red. De esta forma, se produce un desplazamiento de la función de demanda de los usuarios de la red de gas natural. Los ingresos del distribuidor estarán dados por las reacciones de la demanda ante cambios en los precios, tomando en cuenta las condiciones en la que los ingresos igualan los costos, teniendo como dato el consumo medio de cada categoría de clientes y el número de clientes de categoría, según la función de precios de los sustitutos. Posteriormente, el regulador determina una tarifa en dos partes de acuerdo al costo total por el uso del gas correspondiente a la red de distribución para cada usuario de un determinado

régimen tarifario, dividido en un cargo fijo, un cargo variable y una unidad de tiempo. El ahorro propuesto por el regulador es compartido con los usuarios y la empresa distribuidora ya que se le permite recuperar costos de otras redes.

El regulador plantea la transferencia de parte del excedente del consumidor a los usuarios como un ahorro definido como:

$$Ahorro = 1 - k = \frac{Ps - Pd}{Ps}$$

Siendo “Ps” la disposición a pagar total y “Pd” el precio que a la vez permite recuperar los costos de la red de distribución. El Ahorro dependerá de la disposición a pagar y el costo de las redes de forma agregada a aplicar a todos los usuarios. De esta forma, el regulador favorece, entre otros, la conversión en el sector residencial donde es mayor la diferencia entre el precio de los sustitutos (electricidad y GLP) y la totalidad de los costos de conversión.

En nuestro país, Lima Metropolitana concentra la mayor cantidad de usuarios del servicio de distribución de gas natural, el cual proviene del yacimiento de Camisea. La red de distribución comprende dos tipos de redes: la Red principal (o troncal) que atraviesa cerca de 12 distritos de Lima y Callao empezando por el *City Gate* de Lurín, pasando por San Juan de Lurigancho, El Agustino, San Miguel, Surco, Jesús María, Magdalena del Mar, Pueblo Libre, Cercado de Lima, Los Olivos, San Martín de Porres, San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo y el Callao, y las otras Redes que llevan el gas natural desde la red descrita anteriormente hasta el domicilio de los consumidores, tal como se muestra en el Gráfico N° 5 obtenido del Plan Quinquenal de Inversiones 2014 – 2018 de CALIDDA.<sup>10</sup>

Respecto a la cobertura del servicio de distribución por baja presión de gas natural para consumidores residenciales, CALIDDA opera desde el 20 de agosto del

---

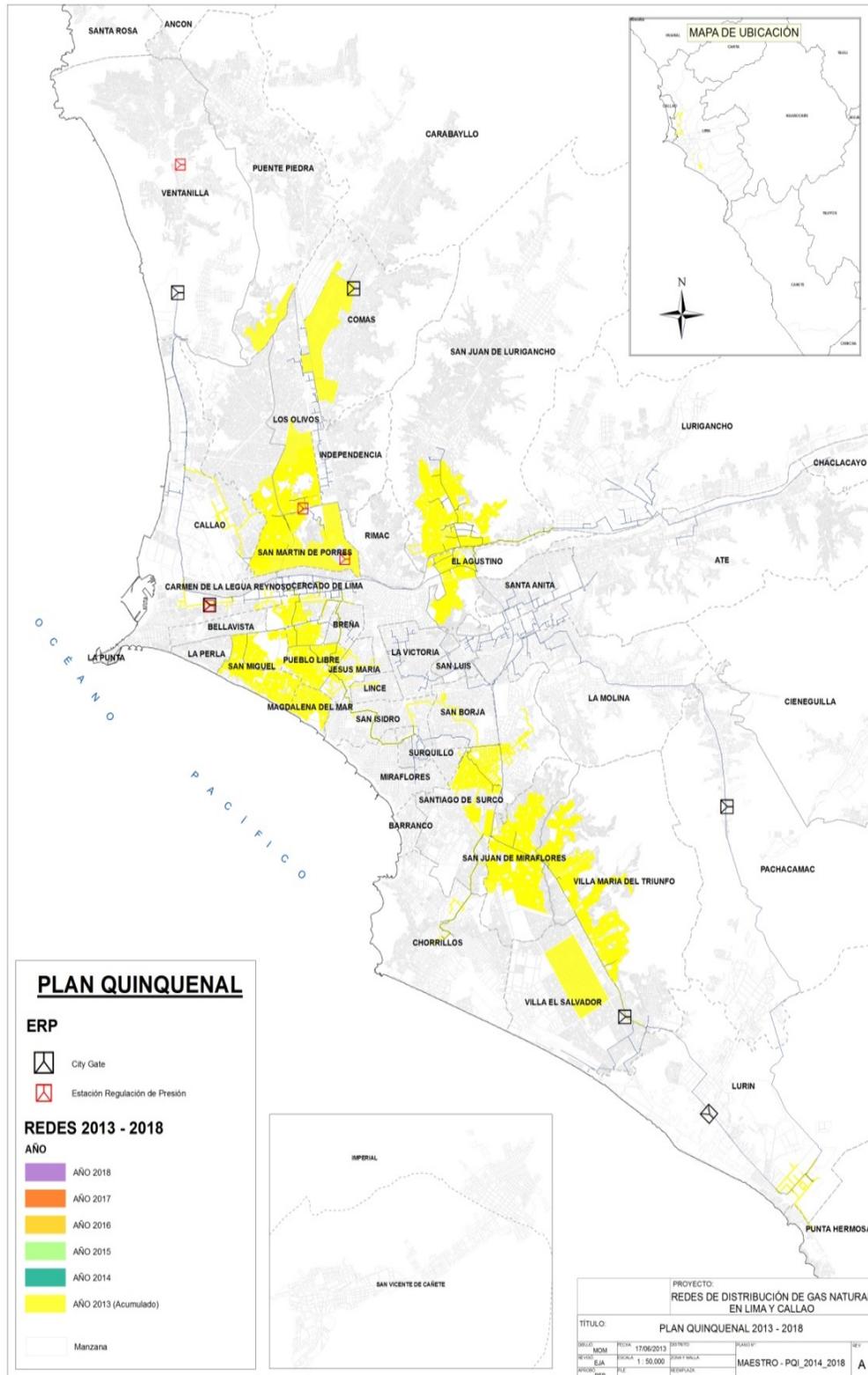
<sup>10</sup> Elaborado a Octubre del 2013.

2004, mediante una concesión por un plazo de 33 años, la cual puede ser prorrogable. La primera conexión a un cliente residencial de gas natural se dio el 14 de marzo del 2005, produciéndose un crecimiento importante en el número de usuarios. Según datos del Ministerio de Energía y Minas, a diciembre del 2013, se cuenta con 163,821 usuarios conectados en la categoría residencial, mientras que, según estimaciones de CALIDDA, se cuenta con 328,000 usuarios entre las categorías residencial y comercial que se encuentran frente a la red de distribución.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Obtenido del Plan Quinquenal de Inversiones de CALIDDA del 2014 al 2018.

**Gráfico N° 5: Redes de Distribución de Lima Metropolitana y Callao**



Fuente y Elaboración: CALIDDA

## **2.7. Bases teóricas de los determinantes del acceso al gas natural**

Intuitivamente se puede pensar que el factor más determinante para el acceso a los servicios públicos es la fuente de ingresos, es decir, se asume una perspectiva monetaria.

Un concepto fuertemente ligado a la fuente de ingresos es el de la pobreza. El INEI en el documento “Perú: determinantes de la pobreza, 2009”, y luego de analizar diversos conceptos de pobreza, la considera como *“un fenómeno complejo que comprende factores de índole económica, social, cultura, moral y política”*. La investigación citada anteriormente buscó identificar, entre otras cosas, los determinantes de la pobreza en el Perú. Para ello, se elaboró la Encuesta Nacional de Hogares sobre condiciones de vida y pobreza 2009 (ENAHO), considerando variables que incluyan características del hogar, características individuales tales como sexo y edad del jefe del hogar, capital físico privado, capital físico público definido como el acceso a servicios de agua, servicios higiénicos, tenencia de teléfono, entre otros, capital institucional tales como la propiedad de la tierra, y capital social tales como la posesión de activos sociales.

Así mismo, Osinergmin, en el Documento de Trabajo N° 27 *“Evaluación de Impacto del Gas Natural sobre Consumidores Residenciales”*, utiliza una perspectiva similar, de tal forma que utiliza variables tales como las características del jefe del hogar y la vivienda.

## **CAPÍTULO 3:**

### **HECHOS ESTILIZADOS**

### **3. HECHOS ESTILIZADOS**

En los últimos años, la industria del gas natural ha ido creciendo en cobertura. Según datos del Ministerio de Energía y Minas, a diciembre del 2013 se cuenta con 162,141 clientes residenciales, 992 clientes comerciales, 466 clientes industriales, y 13 clientes como parte de los generadores eléctricos. Así mismo, la demanda de gas natural en Lima y Callao asciende a 483 MMPCD, mientras que a nivel de producción total asciende a 1,220 MMPCD. En esta sección, se desarrolla la evolución de estas y otras variables relacionadas al sector.

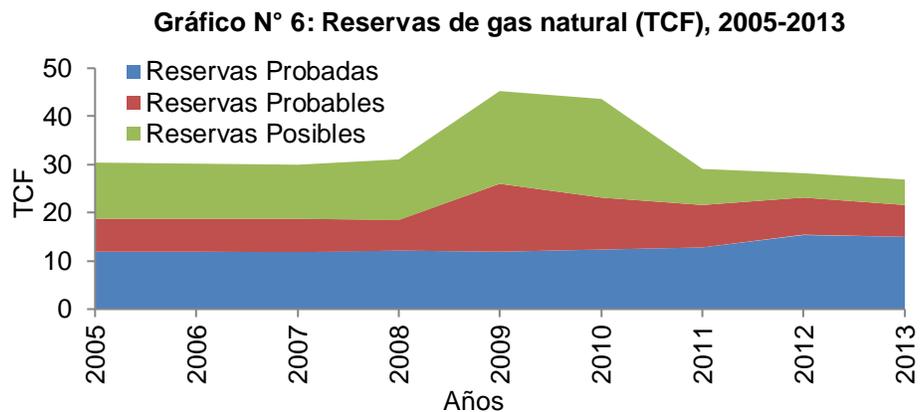
#### **3.1. Reservas de gas natural en el Perú**

Las reservas probadas de gas natural en el 2013 fueron de 15.04 TCF, las cuales disminuyeron ligeramente en 0.33 TCF respecto al año anterior. Según el Ministerio de Energía y Minas, esta disminución se ha debido principalmente a la reducción de reservas probadas del Lote XIII (0.349 TCF), además de considerar en ese lote solamente dos yacimientos de La Casita y Mochica como reservas, las cuales actualmente son comerciales; y de ajustes de datos geológicos en las estimaciones de reservas. No obstante, el Ministerio de Energía y Minas también advierte que las reservas probadas de gas se incrementarán en los próximos años debido a la

declaración comercial de las reservas del Lote 58, donde se descubrió potencial de gas natural en las estructuras de Urubamba, Picha, Taini y Paratori.

Por su parte, las reservas probables de gas natural a diciembre del 2013 se han estimado en 6.51 TCF, las cuales han tenido una reducción de 1.2 TCF respecto al año anterior, debido a la revisión y ajustes de datos geológicos durante el cálculo de las reservas a los yacimientos Kinteroni y Sagari del Lote 57.

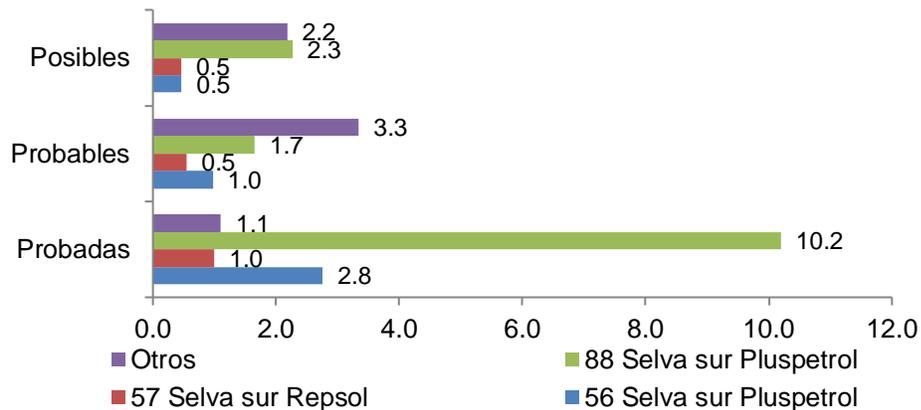
Finalmente, las reservas posibles de gas natural a diciembre del 2013 se han estimado en 5.36 TCF, las cuales comparadas al año anterior aumentaron en 0.22 TCF.



Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

Analizando las reservas por lote para el año 2013, se observa que el lote 88 posee la mayor cantidad de reservas probadas (10.2 TCF), seguido por el lote 56 (2.8 TCF). En el caso de las reservas probables, el lote 88 también tiene la mayor participación (1.7 TCF). Lo mismo sucede en el caso de las reservas posibles para el lote 88 (2.3 TCF), seguido por los lotes 57 y 56 (0.5 TCF). Este liderazgo de Pluspetrol en todos los tipos de reservas se da como resultado de nuevas perforaciones y estudios petrofísicos en los lotes 88 y 56 que conforman en yacimiento de Camisea.

**Gráfico N° 7: Reservas de gas natural por lote (TCF), 2013**

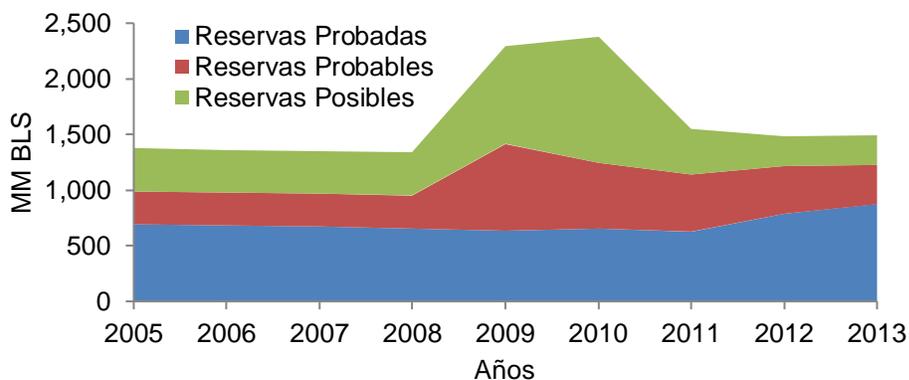


Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

### 3.2. Reservas de líquidos de gas natural en el Perú

Por su parte, las reservas probadas de líquidos de gas natural (LGN) en el 2013 fueron de 876 MMBLS, las cuales aumentaron en 11% respecto al año anterior. Por otro lado, las reservas probables fueron de 351 MMBLS en el mismo periodo, las cuales se redujeron en 19% respecto al año anterior. Finalmente, las reservas posibles fueron de 266 MMBLS, siendo mayores en 1% respecto al año anterior.

**Gráfico N° 8: Reservas de líquidos de gas natural (MMBLS), 2005-2013**



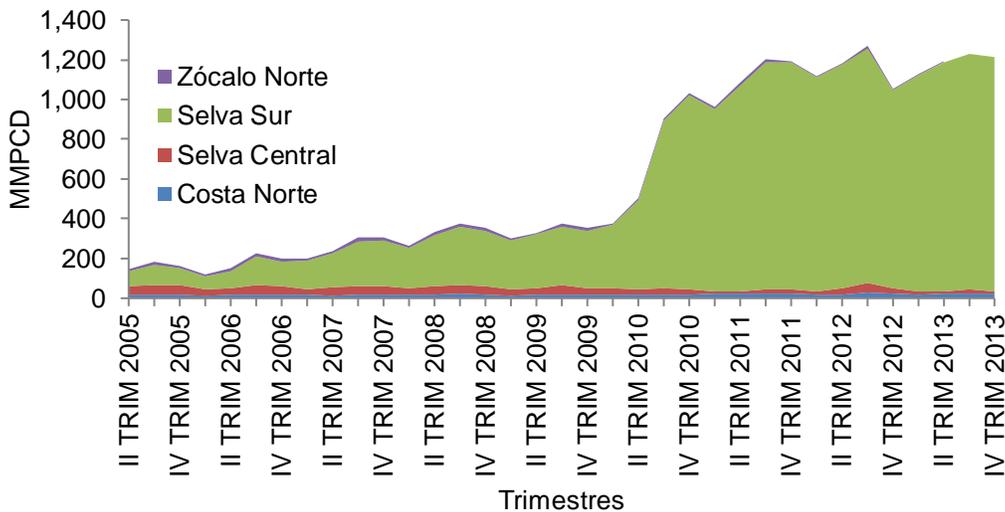
Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

### 3.3. Producción de gas natural

La producción de gas natural se realiza principalmente en tres zonas, la costa norte (cuenca de Talara/Sechura), la cuenca de Ucayali y la cuenca de Camisea en Cusco.<sup>12</sup> Según datos del Ministerio de Energía y Minas, el 2005, fue el inicio de la mayor concentración de la producción en la Selva Sur (53%) dejando en segundo lugar a la Selva Central (29%), el cual se mantiene hasta la actualidad, debido a que Pluspetrol con los lotes 56 y 88 tienen porcentajes de 43.2% y 53.38%, es decir, un total de 96.58% frente a un 1.24% de la Selva Central a diciembre del 2013.

La producción de gas natural a diciembre del 2013 fue de 1,220 MMPCD, incrementándose en 15.6% respecto a diciembre del 2012.

**Gráfico N° 9: Producción fiscalizada de gas natural (MMPCD), primer trimestre del 2005 al cuarto trimestre 2013**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

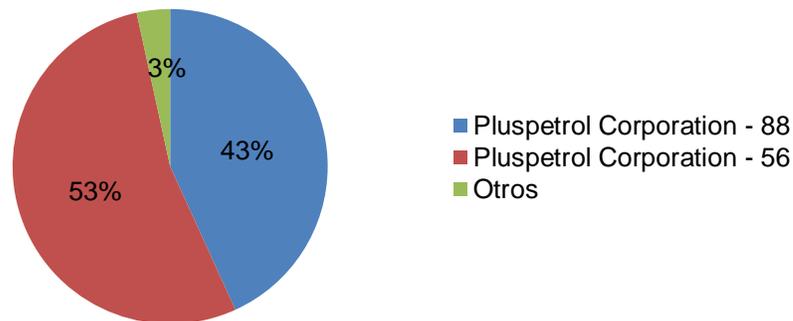
Analizando la producción por empresa, según datos del Ministerio de Energía y Minas, se observa que la producción de Pluspetrol Corporation fue el 96.58% del

<sup>12</sup> Según datos de Boletines Estadísticos del Osinergmin.

total producido (53% en el lote 56 y 43% en el lote 88). El 3% restante fue producido por otras empresas como Aguaytia, Petrobras, Petrotech, entre otras. Cabe resaltar que el total producido por Camisea (lotes 88 y 56) a cargo de Pluspetrol del 2005 a diciembre del 2013 ha alcanzado los 1.76 TCF, según datos del Ministerio de Energía y Minas.

**Gráfico N° 10: Participación por empresa en la producción de gas natural (%),**

**2013**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

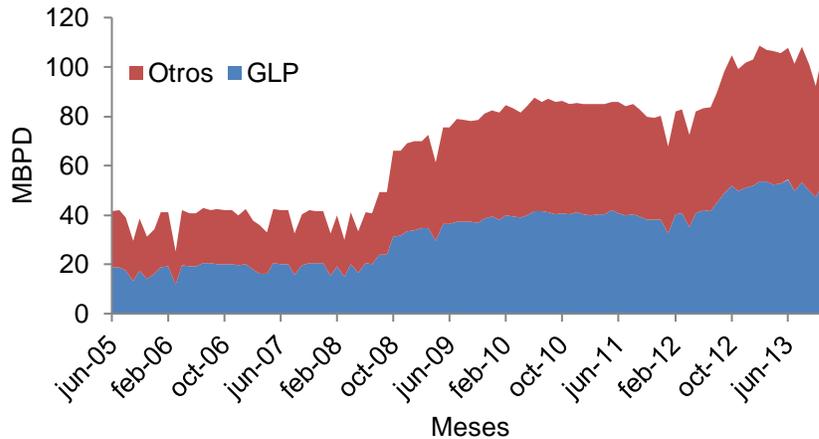
#### **3.4. Producción de líquidos de gas natural**

La producción de líquidos de gas natural se da principalmente en el área de la selva sur (lote 88 y lote 56). La producción en el segundo semestre del 2013 fue de 101.4 MBPD, la cual aumentó en 0.1% respecto al año anterior. El total de derivados de líquidos de gas natural producidos en diciembre del 2013 fue de 102.0 MBPD, lo cual representa un aumento de 0.12% al cierre del 2012.

Del total de derivados producidos a diciembre del 2013, el 51% fue de GLP, el 40% nafta y el 9% restante de otros derivados. La producción de GLP a diciembre del 2013 fue de 51 MBPD, representando un incremento de 0.5% respecto al año anterior. Según Apoyo y Asociados, la nafta es exportada en su totalidad, mientras que el GLP

se vende en su mayoría al mercado local (más del 80%) y la diferencia (20%) se exporta.

**Gráfico N° 11: Producción en plantas procesadoras de líquidos de gas natural (MBPD), enero 2005 - diciembre 2013**



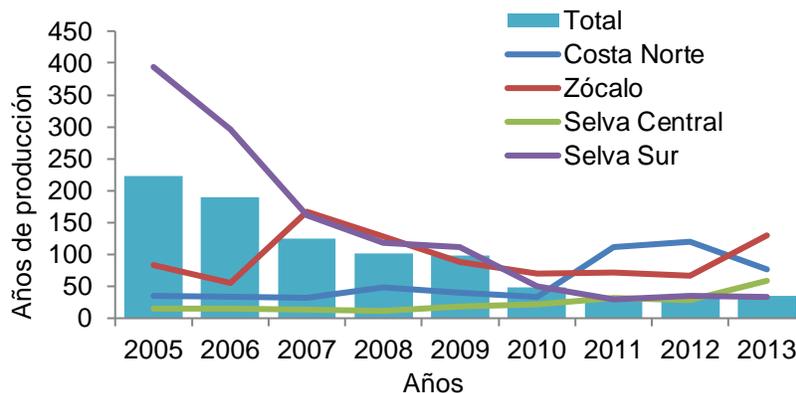
Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

### 3.5. Ratio reserva – producción

El ratio reserva – producción indica la cantidad de años que se podría producir gas natural tomando en cuenta el volumen de reserva actual. Este indicador es utilizado para medir el abastecimiento interno de la demanda. Para el caso peruano, el ratio ha disminuido en el periodo 2005 – 2013, siendo de 35 años al final de dicho periodo, tendiendo a estabilizarse dada la mayor madurez del mercado.

Analizando por sectores, se puede apreciar que en la selva sur, la zona de mayor producción de gas natural, se presenta una tendencia decreciente desde el 2005, estabilizándose a partir del 2011. La tendencia decreciente se debe a que la producción en esta zona ha aumentado a una tasa anual promedio de 46%.

**Gráfico N° 12: Ratio reserva/producción de gas natural por área, 2005 – 2013**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

### 3.6. Inversiones

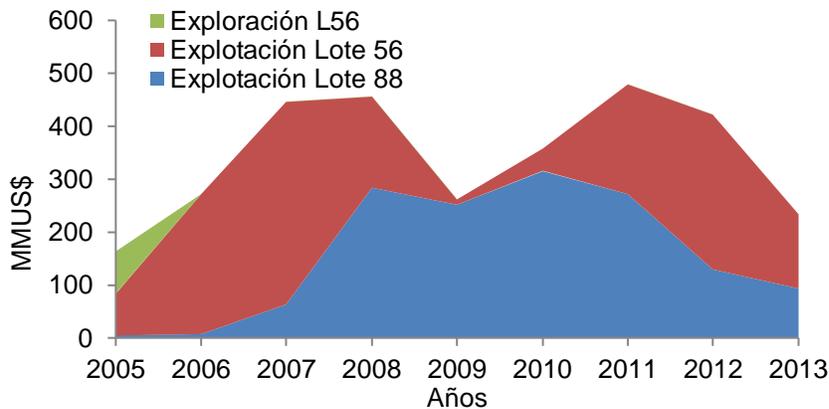
De acuerdo a información del Ministerio de Energía y Minas, destacan las inversiones en explotación en los lotes 88 y 56, aunque presentan un comportamiento muy volátil en el periodo 2005-2013, presentándose dos picos en los años 2008 y 2011, años en que la inversión fue de 456 y 479 millones de dólares, mientras que el año con menos inversiones fue el 2009 llegando a ser de 262 millones de dólares. Al cierre del año 2013, las inversiones en estos lotes alcanzaron los 237 millones de dólares.

La inversión en explotación en el lote 88 se incrementó en los últimos años, pasando de 6.6 millones de dólares en el año 2006 a 272 millones de dólares en el año 2011, destinada principalmente a ampliación de pozos y reinyección.<sup>13</sup> No obstante, en el año 2013 disminuyó a 94 millones de dólares. Por otro lado, la inversión en explotación en el lote 56 fue volátil en el periodo 2005-2011. Entre el año 2005 y el año 2007 aumentó de 79.4 a 382.7 millones de dólares, posteriormente disminuyó hasta 10.1 en el año 2009, para después aumentar a 292.1 millones de

<sup>13</sup> Según información de los boletines estadísticos del Osinergmin.

dólares en el año 2012 y volver a disminuir a 139.7 millones de dólares a fines del 2013. Este comportamiento responde a los ciclos de la inversión y las nuevas necesidades de la demanda.<sup>14</sup>

**Gráfico N° 13: Inversiones en gas natural (MMUS\$), 2005 – 2013**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

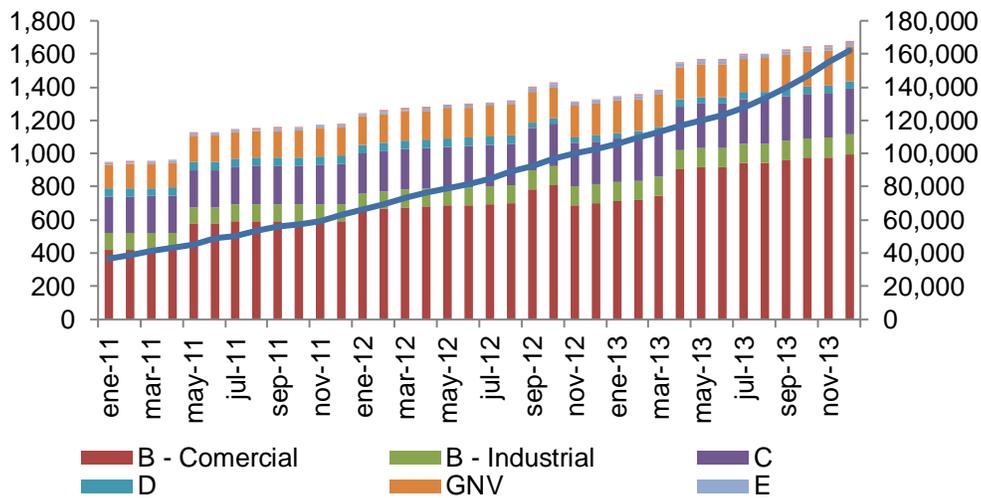
Según el Osinergmin, para el período 2015-2016, se cuenta con un monto de inversiones que asciende a 19,850 millones de dólares, destacando los proyectos del Gasoducto Andino del Sur (13 mil millones de dólares) el cual comprende la exploración y explotación de lotes 57 y 58, plantas de procesamiento de gas natural y de fraccionamiento de LGN, poliducto para transporte de LGN y planta de GNL y centrales termoeléctricas y complejo petroquímico, así como los proyectos de la empresa Braskem (3 mil millones de dólares) que comprenden la construcción de un Complejo petroquímico de polietilenos y fertilizantes en los puertos de Ilo, además del proyecto de construcción y operación de un Complejo petroquímico en el distrito de San Juan de Marcona-Ica que producirá amoníaco y úrea, el cual será llevado a cabo por CF Industries Inc (2 mil millones de dólares).

<sup>14</sup> Según información de los boletines estadísticos del Osinergmin.

### 3.7. Clientes y consumo por sectores

El número de demandantes de gas natural fue de 163,821 a diciembre del 2013, representando un incremento de 58% respecto a diciembre del año anterior. De este monto, el segmento de clientes residenciales agrupa la mayor cantidad de demandantes, siendo 162,141 a diciembre del 2013, el cual creció en 58% respecto a diciembre del 2012 (102,375). Para finales del 2013, los usuarios de los segmentos comercial, industrial y GNV fueron de 992, 125 y 209, respectivamente.

**Gráfico N° 14: Evolución del número de clientes por categoría tarifaria, enero 2011 – diciembre 2013**

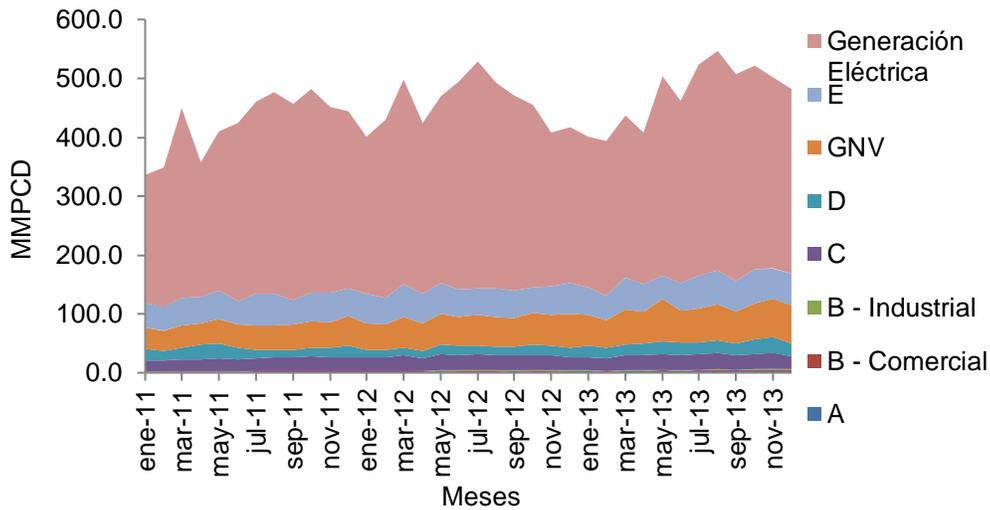


Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

Por otro lado, el volumen consumido de gas natural fue de 482 MMPCD a diciembre del 2013, representando un aumento de 15.68% respecto a diciembre del año anterior. En lo relacionado al sector residencial, el consumo ascendió a 3.1 MMPCD, lo cual significó un incremento de 60% respecto a diciembre del 2012. Según el Osinergmin, el crecimiento de este sector se encuentra fuertemente asociado a la expansión de redes de distribución en Lima y Callao, las cuales pasaron a ser de 1,742 km a diciembre del 2011 a 3,404 km a diciembre del 2013. Así mismo,

se ha incrementado el número de instalaciones internas de 55,528 usuarios en diciembre del 2011 a 152,531 usuarios a diciembre del 2013, lo cual representa un aumento del 175%. De los 152,531 usuarios conectados a diciembre del 2013, 475 son usuarios con instalaciones industriales, mientras que 152,056 son usuarios con instalaciones residenciales y comerciales. En lo que también respecta al consumo, los generadores eléctricos han sido históricamente los principales consumidores del gas natural, quienes consumieron 314.4 MMPCD a diciembre del 2013, representando un 65% respecto a la sumatoria de todas las categorías tarifarias (482 MMPCD).

**Gráfico N° 15: Volumen de gas natural distribuido por categoría tarifaria (MMPCD), enero 2011 - diciembre 2013**

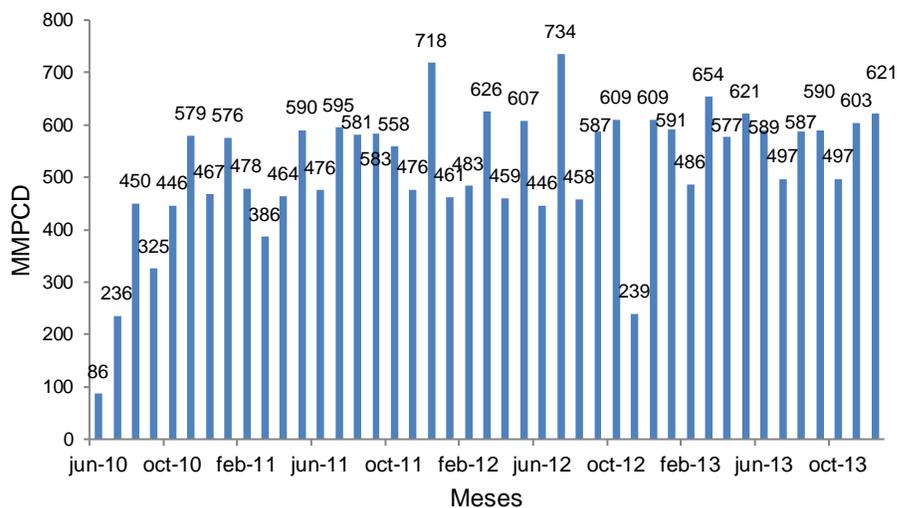


Fuente: Ministerio de Energía y Minas  
Elaboración: Propia

### 3.8. Exportaciones

En promedio, en el año 2013 se exportó 575.5 MMPCD, donde México fue el principal destino con 252 MMPCD, seguido por España y Japón con 180 y 81 MMPCD, respectivamente.

**Gráfico N° 16: Exportaciones de gas natural (MMPCD), junio del 2010 a diciembre del 2013**



Fuente: Perupetro  
Elaboración: Propia

### 3.9. Precios de distribución de gas natural

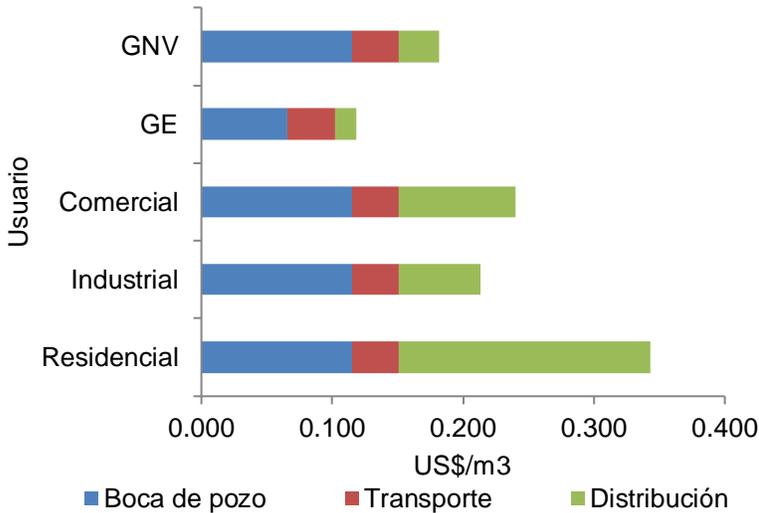
A noviembre del 2013,<sup>15</sup> el precio de venta para el segmento residencial, industrial, comercial, generación eléctrica y vehicular fue de 0.34, 0.21, 0.24, 0.12 y 0.18 US\$/m<sup>3</sup>, respectivamente. Según el Osinergmin, los usuarios residenciales pagan un mayor precio porque usan más infraestructura (red de polietileno) y porque tienen un menor nivel de consumo, a diferencia de los otros usuarios.<sup>16</sup> Para el mes de

<sup>15</sup> Según la última información disponible en la página web de CALIDDA para el año 2013.

<sup>16</sup> De acuerdo a información de los boletines estadísticos del Osinergmin.

noviembre del 2013, las empresas g las empresas generadoras de electricidad han tenido una tarifa en boca de pozo (0.07 US\$/m<sup>3</sup>) menor a la de los otros usuarios, que es de (0.11 US\$/m<sup>3</sup>). Así mismo, según el pliego tarifario de CALIDDA para noviembre del 2013, los precios máximos para otros usuarios y para los generadores eléctricos son 3.18 y 1.83 US\$/MMBTU, respectivamente.

**Gráfico N° 17: Estructura del precio del gas natural (US\$/m<sup>3</sup>) a noviembre del 2013**



Fuente: CALIDDA  
Elaboración: Propia

**CAPÍTULO 4:**

**MARCO METODOLÓGICO**

## **4. MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1. Tipo de Investigación**

Según Sampieri, R., et.al. (1998), hay hasta 4 tipos de investigación: exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa.

Al respecto, los estudios correlacionales analizan la relación entre dos o más variables.

Esta investigación busca saber analizar el impacto en términos de gasto y consumo del acceso de los hogares al gas natural con respecto a aquellos hogares que cuentan con GLP, entonces estamos estableciendo relaciones entre las variables. Lo mismo sucede para analizar la probabilidad de acceso del gas natural con respecto a variables explicativas relacionadas a la vivienda y al jefe del hogar: buscamos evaluar la relación que existe entre dos o más variables.

En consecuencia, el tipo de investigación de la presente tesis es de carácter correlacional.

## **4.2. Método de Investigación**

La presente investigación recolectará y analizará datos para contestar las preguntas de investigación definidas anteriormente en el capítulo I, probando hipótesis previamente establecidas, usando herramientas estadísticas para analizar el comportamiento en la muestra sobre la cual se corroborarán o no las hipótesis.

Tal como se definió en el acápite anterior, el tipo de investigación de la presente tesis busca evaluar la relación que existe entre dos o más variables.

Por lo tanto, el método de investigación es de carácter cuantitativo.

## **4.3. Diseño de Investigación**

Según Sampieri, R., et.al. (1998), los diseños de investigación pueden dividirse en experimentales y no experimentales.

Al respecto, para el caso de los diseños experimentales, los autores anteriormente mencionados se basan en la tipología de Campbell, D. y Stanley, J. (1963) quienes dividen a los diseños experimentales en tres: a) preexperimentos, b) experimentos “verdaderos” y c) cuasiexperimentos.

Por una parte, en los diseños de experimentos “verdaderos” se da la manipulación de una o más variables independientes para ver sus efectos sobre las variables dependientes en una situación de control. Esto se da al ver los determinantes del acceso al gas natural en términos de características de vivienda y jefe del hogar.

Por otro lado, en los diseños cuasiexperimentales, los sujetos de estudio no son asignados al azar a los dos o más grupos de estudio ni emparejados, sino que dichos grupos ya estaban formados antes del experimento. No obstante, los estudios

cuasiexperimentales tienen la gran ventaja de facilidad de acceso a datos, tal como es el caso de la ERCUE 2013 del Osinergmin en donde se puede apreciar con claridad cuáles son los usuarios residenciales de gas natural y de GLP, los cuales formarán dos grupos para un posterior análisis.

En consecuencia, el tipo de investigación de la presente tesis es de carácter experimental, y a su vez, cuasiexperimental para los dos primeros objetivos y experimental “verdadera” para el tercer objetivo.

#### **4.4. Población y Muestra**

Para la presente investigación, se utilizará la ERCUE del Osinergmin para el año 2013,<sup>17</sup> elaborada por el Instituto CUANTO S.A.

Esta encuesta tuvo como objetivo “*evaluar los patrones de consumo de distintas fuentes de energía a nivel residencial, además de medir la percepción de la población sobre la prestación de los servicios brindados en los sectores de electricidad, hidrocarburos líquidos y gas natural, así como medir la percepción sobre las labores del Osinergmin*”. De esta forma, se recoge información relacionada con las características del hogar, tales como el número de miembros, la edad y educación de los mismos, ocupación, ingresos y gastos del hogar; también contiene información sobre las características de la vivienda, como el material con el que se construye la misma, servicios con los que cuenta, entre otros; características socioeconómicas de los hogares, como ingresos y gasto; y por último, recoge información sobre los patrones de consumo y usos de energía en el hogar, electricidad, gas natural, gas licuado de petróleo y otras fuentes de energía, así como combustibles de uso vehicular.

---

<sup>17</sup> Obtenido mediante solicitud de acceso a la información pública de Osinergmin con registros N°201500127257 y N° 201500148697.

La población objetivo está definida como “*el conjunto de todas las viviendas particulares y sus ocupantes residentes de las áreas urbana y rural del país*”.

La técnica de muestreo aplicada sobre la ERCUE fue de un muestreo probabilístico, multietápico, estratificado y de selección sistemática. De una población de hogares a nivel nacional de 6,042,026, el tamaño de la muestra fue de 11,340 hogares, con una supervisión de al menos 10% de la muestra en cada departamento (11.6% de la muestra total), con un margen de error de +/- 2.5%.

Según el Osinergmin, la muestra es representativa a nivel nacional y departamental, así como a nivel de áreas urbanas y rurales. Para el caso de Lima Metropolitana, la muestra es representativa según niveles socioeconómicos y áreas de concesión. Así mismo, el marco muestral fue la información estadística del Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda y el material cartográfico respectivo.

Para los propósitos de la presente investigación, se eliminaron aquellas observaciones fuera de Lima Metropolitana y que no consumieran ni gas natural ni GLP. De esta forma, se tiene una muestra final de 2002 observaciones, de los cuales 111 hogares consumen gas natural y 1891, GLP.

La amplitud de la información recogida mediante la encuesta permitirá reflejar la relación entre la situación socioeconómica del hogar y los patrones de consumo y gasto según las diversas fuentes de energía para el año 2013, así como los determinantes del acceso al gas natural. En el Diagrama N° 5 se explica que el tratamiento está explicado por los hogares con acceso a gas natural según de la ERCUE 2013:

#### **Diagrama N° 5: Tratamiento del Estudio**

$$\text{Tratamiento}(d) \begin{cases} d = 1 \text{ Si es hogar con acceso a gas natural} \\ d = 0 \text{ Si no es hogar con acceso a gas natural} \end{cases}$$

Elaboración: propia.

En el Cuadro N° 6 se describen las principales estadísticas correspondientes a los hogares en distritos sin acceso al gas natural. Según los datos a ser trabajados en la presente tesis, y excluyendo a los distritos de Cieneguilla, Carabayllo, San Juan de Lurigancho, Puente Piedra y Ancón de acuerdo a los planes de crecimiento de la red de distribución de gas natural, en Lima Metropolitana existen 1891 hogares que respondieron en la ERCUE 2013 que utilizan GLP, con un consumo mensual que oscila entre 0.04 MMBTU y 8.57 MMBTU, así como un gasto mensual entre S/. 5 y S/. 540. De igual forma, se presentan estadísticas de características de vivienda y el hogar:

**Cuadro N° 6: Descripción de variables de hogares sin acceso a gas natural**

<b>Variable</b>	<b>Obs.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>
<b>Grupo de Control</b>					
Sexo del jefe del hogar	1891	0.77	0.42	0	1
Edad del jefe del hogar	1891	54.99	15.57	18	98
Edad al cuadrado del jefe del hogar	1891	3265.62	1753.63	324	9604
Hogar con equipo de calefacción	1891	0.69	0.46	0	1
Hogar con acceso a TV cable	1891	0.54	0.50	0	1
Hogar con acceso a telefonía móvil	1891	0.89	0.31	0	1
Hogar con acceso a internet	1891	0.40	0.49	0	1
Presencia de actividad económica en el hogar	1891	0.10	0.30	0	1
Techo de concreto	1891	0.78	0.42	0	1
Número de ambientes en el hogar	1891	2.68	1.21	0	10
Suministro individual	1891	0.80	0.40	0	1
Vivienda con medidor de agua	1891	0.86	0.35	0	1
Vivienda propia	1891	0.62	0.49	0	1
Consumo mensual (MMBTU)	1891	0.58	0.49	0.04	8.57
Gasto mensual (S/.)	1891	40.47	22.33	5	540

Fuente: ERCUE 2013 - Osinergmin

Elaboración: Propia

En el Cuadro N° 7 se describen las principales estadísticas correspondientes a los hogares en distritos con acceso al gas natural. Según los datos a ser trabajados en la presente tesis, y excluyendo a los distritos de Cieneguilla, Carabayllo, San Juan de Lurigancho, Puente Piedra y Ancón, de acuerdo a los planes de crecimiento de la red de distribución de gas natural, en Lima Metropolitana existen 111 hogares que respondieron en la ERCUE 2013 que utilizan gas natural, con un consumo mensual que oscila entre 0 MMBTU y 6.81 MMBTU, así como un gasto mensual entre S/. 0 y S/. 188.55. De igual forma, se presentan estadísticas de características de vivienda y el hogar:

**Cuadro N° 7: Descripción de variables de hogares con acceso a gas natural**

Variable	Obs.	Prom.	Desv. Est.	Mín.	Máx.
<b>Grupo de Tratamiento</b>					
Sexo del jefe del hogar	111	0.81	0.39	0	1
Edad del jefe del hogar	111	62.03	13.01	26	83
Edad al cuadrado del jefe del hogar	111	4015.20	1504.12	676	6889
Hogar con equipo de calefacción	111	0.91	0.29	0	1
Hogar con acceso a TV cable	111	0.59	0.49	0	1
Hogar con acceso a telefonía móvil	111	0.90	0.30	0	1
Hogar con acceso a internet	111	0.45	0.50	0	1
Presencia de actividad económica en el hogar	111	0.05	0.21	0	1
Techo de concreto	111	0.92	0.27	0	1
Número de ambientes en el hogar	111	3.13	1.15	0	6
Suministro individual	111	0.87	0.33	0	1
Vivienda con medidor de agua	111	0.97	0.16	0	1
Vivienda propia	111	0.72	0.45	0	1
Consumo mensual (MMBTU)	111	0.94	1.08	0.00	6.81
Gasto mensual (S/.)	111	26.27	29.91	0	188.55

Fuente: ERCUE 2013 - Osinergmin  
Elaboración: Propia

A *Priori* podríamos pensar que los hogares con gas natural poseen un menor gasto en consumo energético y un mayor consumo mensual que los hogares con GLP. No obstante, para comprobarlo estadísticamente, se requiere de un método de tratamiento de datos que rechace o no las hipótesis planteadas.

#### 4.5. Método de tratamiento de datos

Se tratará el problema de la cobertura de gas natural como un problema social. Para ello, se abordará el problema mediante el uso de modelos econométricos de “Evaluación de Impacto”. La metodología de “Evaluación de Impacto” utiliza dos grupos de estudio: por un lado, se tiene al grupo de beneficiarios (también llamado grupo de tratamiento) los cuales son los que participan del tratamiento y por otro lado, al grupo de control o contrafactual. La técnica econométrica a utilizar será la del *propensity score matching*, estimando el *propensity* mediante un modelo probit cuyos efectos impactos serán analizados, el cual se definirá a continuación:

Suponemos una variable “latente” o no observada  $y_i^*$  que puede ser representada a través del Modelo Lineal General (MLG):

$$y_i^* = x_i' \beta + u_i$$

Supongamos también que de esta ecuación, nosotros solo podemos observar una parte  $y_i = \tau(y_i^*)$  donde  $\tau(\cdot)$  es una función de filtro. Una modelación lineal no sería apropiada porque la forma que adoptará la media de la variable dependiente no será una función lineal en los parámetros, es decir:

$$y_i = E[y_i | x_i] + u_i = g(x_i' \beta) + u_i$$

Por lo que debemos encontrar una estimación distinta a Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) debido a que no se verifica el supuesto de linealidad del MLG. Para la presente tesis al momento de estimar el *propensity*, tendremos una variable

dependiente  $y_i^*$  que es la utilidad que le resulta al individuo de acceder al gas natural (para los distintos casos de consumo y precio), la cual no es observable. No obstante, se trabajará con la variable  $y_i$  que sí es observable y toma el valor de 0 cuando el individuo no accede al gas natural y es mayor que 0 en otro caso. Así mismo, pensamos que una serie de factores tales como la edad, el sexo y las características del hogar, entre otros, recogidos en un vector  $x$  pueden explicar su decisión, de manera que:

$$Prob(Y = 1) = F(x, \beta)$$

$$Prob(Y = 0) = 1 - F(x, \beta)$$

El vector de parámetros  $\beta$  refleja el impacto que tiene  $x$  sobre la probabilidad. Ahora el problema pasa por plantear un modelo adecuado para el segundo miembro de la ecuación. Una posibilidad es un modelo de regresión lineal:

$$F(x, \beta) = x'\beta$$

Como  $E[y|x] = F(x, \beta)$ , se puede construir el siguiente modelo de regresión:

$$y = E[y|x] + (y - E[y|x])$$

$$y = x'\beta + u$$

No obstante, surgen inconvenientes con este modelo de probabilidad lineal:  $u$  presenta heterocedasticidad dependiente de  $\beta$ . Como  $x'\beta + u$  es igual a 0 ó 1,  $u$  ha de ser igual a  $-x'\beta$  o  $1-x'\beta$ . Esto se puede apreciar mejor cuando se tiene la varianza de  $u$ .

$$Var[u|x] = x'\beta(1 - x'\beta)$$

Por lo tanto, debemos descartar el modelo de regresión lineal y optar por otras posibilidades. Para un vector de regresores dado, se espera que:

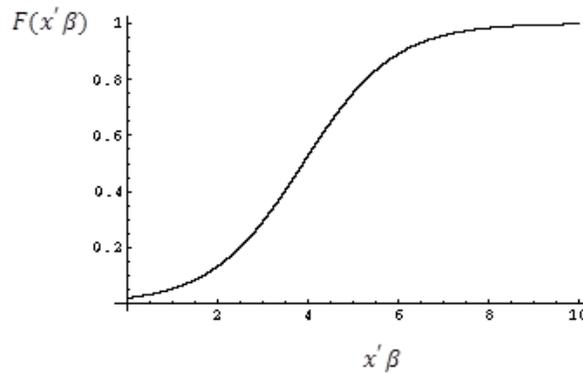
$$\lim_{x'\beta \rightarrow +\infty} Prob(Y = 1) = 1$$

y que:

$$\lim_{x'\beta \rightarrow -\infty} Prob(Y = 1) = 0$$

En principio, basta que sea una función de distribución definida sobre la recta real. En muchos análisis se ha utilizado la distribución normal, dando lugar al modelo probit.

**Gráfico N° 18: Modelo probit**



Fuente y elaboración: Propia

El modelo probit se define como:

$$\begin{aligned}
 Prob(Y = 1) &= \int_{-\infty}^{x'\beta} \phi(t) dt \\
 &= \Phi(x'\beta)
 \end{aligned}$$

Siendo  $\Phi(\cdot)$  la función de distribución normal estándar.

Como se vio anteriormente, el MPL implica que  $\Pr(y_i = 1) = x'_i\beta$ , mientras que los modelos probabilísticos asumen que  $\Pr(y_i = 1) = F(x'_i\beta)$ . De esta forma, para el primer caso, el efecto marginal o impacto promedio estimado de un cambio en una unidad de alguna variable explicativa ( $x_i$ ) sería constante, es decir:

$$\frac{\partial \Pr(y_i = 1)}{\partial x_{ik}} = \hat{\beta}_k$$

Mientras que para los modelos probabilísticos este efecto promedio estimado es:

$$EI_{ik} = \frac{\partial \Pr(y_i = 1)}{\partial x_{ik}} = \frac{\partial F(x'_i \beta)}{\partial x'_i \beta} \frac{\partial x'_i \beta}{\partial x_{ik}} = f(x'_i \hat{\beta}) \cdot \hat{\beta}_k$$

Donde  $f(\cdot)$  es la función de densidad marginal. En consecuencia, el efecto impacto depende del valor de los regresores para cada individuo y de todos los coeficientes estimados del modelo. Esto sucede para el caso de las variables explicativas continuas. Para las variables explicativas discretas se debe calcular la diferencia de la probabilidad cuando dicha variable toma un valor u otro. Por ejemplo, si se analiza la decisión de optar por gas natural y la variable explicativa de interés es el sexo de la persona (variable  $x_2$ ), definida como 1 si es hombre y 0 si es mujer, el efecto impacto promedio estimado de la misma sobre la probabilidad de acceder al gas natural se puede calcular como:

$$EI_{x_2} = F(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{x}_1 + \hat{\beta}_2(1) + \hat{\beta}_3 \bar{x}_3 + \dots + \hat{\beta}_k \bar{x}_k) - F(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{x}_1 + \hat{\beta}_2(0) + \hat{\beta}_3 \bar{x}_3 + \dots + \hat{\beta}_k \bar{x}_k)$$

En la expresión anterior, todos los regresores han sido evaluados en sus respectivas medias muestrales, lo cual es coherente con la idea de que el cambio en cuestión se refiere al sexo. De esta forma, la expresión anterior nos estaría informando sobre el efecto que tiene, sobre la probabilidad de acceso al gas natural, el hecho de que un individuo con características promedio sea hombre.

Tal como se dijo anteriormente, se abordará el problema del acceso al gas natural en términos de gasto y consumo mediante el uso de modelos econométricos de "Evaluación de Impacto"

Para ello, es conveniente usar la notación estándar de los programas de evaluación de los programas sociales:

$Y_{1i}$ : Resultado del individuo  $i$  si éste fue expuesto al tratamiento.

$Y_{0i}$ : Resultado del individuo  $i$  si éste no fue expuesto al tratamiento.

$D_i \in \{0,1\}$ : Indicador del tratamiento recibido por el individuo  $i$ ; 1 si recibió tratamiento y 0 si no fue así.

$X_i$ : Vector de características observables de la unidad  $i$ .

$\varepsilon_i$ : Vector de características no observables de la unidad  $i$ .

Es importante mencionar que la condición de observable o no observable de las características será definida según los encargados y/o evaluadores del estudio y políticas correspondientes.

Definimos la variable de respuesta  $Y_i$  en función de  $D_i$  :

$$Y_i = D_i Y_{1i} + (1 - D_i) Y_{0i}$$

Donde, para cada individuo  $i$  va a suceder lo siguiente:

$$Y = \begin{cases} 1xY_1 + (1 - 1)Y_0 = Y_1, & \text{si } D = 1 \\ 0xY_1 + (1 - 0)Y_0 = Y_0, & \text{si } D = 0 \end{cases}$$

De esta forma, definimos el efecto causal del programa (tratamiento) sobre el individuo  $i$ , en términos de la variable de resultados  $Y$ , la cual es  $\Delta = Y_1 - Y_0$ .

Es decir, el efecto del tratamiento se define como la diferencia entre el resultado obtenido por una unidad tratada y el resultado que hubiera obtenido esa misma unidad si no hubiera sido tratada por el programa.

No obstante, en la realidad sólo se puede observar para cada uno de los individuos. En otras palabras: es imposible observar  $Y_{1i}$  e  $Y_{0i}$  para el mismo individuo  $i$ . El efecto del tratamiento sobre una variable para un individuo que lo recibe consiste en identificar la diferencia de valores de la variable con tratamiento respecto a la situación sin tratamiento. No obstante, una vez que se recibe el tratamiento es imposible llegar al mismo tiempo a una situación sin tratamiento, debido a que el

tratamiento ya fue tomado y no puede ser revertido. Es por ello que resulta imposible observar los resultados en la variable de análisis si es que la unidad  $i$  recibió y no recibió tratamiento a la vez. En otras palabras, no se puede inferir el efecto del tratamiento porque no se tiene evidencia contrafactual de cada participante. En consecuencia, la principal limitación de la evaluación de los programas sociales consiste en que es imposible observar el efecto de tratamiento individual.

Sería fácil obtener el impacto que ha tenido el acceso del gas natural en el consumo energético y el gasto energético si conociéramos el consumo energético y el gasto energético, respectivamente, del grupo de tratamiento si no hubieran tenido el acceso al gas natural, lo cual, como es evidente, bajo este escenario no es posible, por lo que se procederá a estimar el Efecto Tratamiento Promedio con los estimadores *ATE* (*Average Treatment Effect*) y *ATET* (*Average Treatment Effect on the Treated*) para toda la población o para cualquier subpoblación de ella.

Omitiendo el subíndice  $i$ , el ATE está definido por:

$$\delta = ATE = E(Y_1 - Y_0) = E(Y_1) - E(Y_0)$$

Como los valores  $Y_0$  y  $Y_1$  no son plenamente observables para toda la población, se requiere hacer una estimación de  $\delta$  mediante promedios simples:

$$\hat{\delta} = \frac{1}{n_B} \sum_{i \in B} Y_i - \frac{1}{n_N} \sum_{i \in N} Y_i = \bar{Y}|_{i \in B} - \bar{Y}|_{i \in N}$$

Siendo  $n_B$  y  $n_N$  el número de beneficiarios y no beneficiarios, respectivamente.

Dentro de los supuestos identificadores del ATE, se tiene:

- a) El tratamiento  $D$  será independiente de los resultados potenciales  $Y_j$  para  $j = 0, 1$ , es decir:  $(Y_0, Y_1) \perp\!\!\!\perp D$ .

De esta condición de independencia se tiene que:

$$\begin{aligned}\delta &= ATE = E(Y_1 - Y_0) = E(Y_1) - E(Y_0) = E(Y_1|D = 1) - E(Y_0|D = 0) \\ &= E(Y|D = 1) - E(Y|D = 0)\end{aligned}$$

Si se cumple este supuesto, ATE puede ser estimado consistentemente con el estimador  $\hat{\delta}$ . De hecho,  $\hat{\delta}$  es igual al estimador  $\hat{\beta}_d$  como resultado de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios del modelo de regresión lineal  $Y_i = \beta_1 + \beta_d d_i + u_i$

Otra condición (supuesto débil) que es implicada por a) es la siguiente:

- b)  $Y_0$  y  $Y_1$  son independientes en medias de  $D$  si  $E(Y_j|D) = E(Y_j)$ , para  $j = 0, 1$ . Lo cual es equivalente a  $E(Y_j|D = 1) = E(Y_j|D = 0)$ .

Bajo esta condición, se cumple que el ATE coincide con la diferencia  $E(Y|D = 1) - E(Y|D = 0)$ .

Por otro lado, cuando se requiera analizar los impactos únicamente en el segmento de la población que ha recibido el tratamiento, utilizaremos el ATET, el cual se define como:

$$\delta_T = ATET = E(Y_1 - Y_0|D = 1) = E(Y_1|D = 1) - E(Y_0|D = 1)$$

El primer término es claramente observable ya que es equivalente a la esperanza condicional del resultado en el que los individuos participen del programa, es decir,  $E(Y|D = 1)$ . En cambio, el segundo término no está identificado porque no se tiene información del resultado potencial  $Y_0$  cuando  $D = 1$ . Este término será identificable con los supuestos a) o b) del ATE estimándose con un análogo muestral de  $E(Y|D = 0)$ . No obstante, también puede darse el caso en el que  $Y_1$  no sea independiente de  $D$ , lo cual no afectaría la identificación de ATET.

En general se cumple que ATET es distinto que ATE, a menos que se cumplan los supuestos a) o b) del ATE:

$$\begin{aligned}
ATE_T &= E(Y_1 - Y_0 | D = 1) = E(Y_1 | D = 1) - E(Y_0 | D = 1) = E(Y_1 | D = 1) - E(Y_0 | D = 0) \\
&= E(Y | D = 1) - E(Y | D = 0) = ATE
\end{aligned}$$

Al ser ATE y ATET iguales bajo este supuesto, ambos pueden ser estimados mediante el estimador  $\hat{\delta}$ , el cual es la diferencia entre los promedios simples de los grupos beneficiarios y no beneficiarios.<sup>18</sup>

Los resultados mencionados anteriormente se pueden generalizar si se condicionan las características observables  $x$ , es decir, limitando el análisis a una subpoblación con características  $x$ . Las definiciones de ATE y ATET con condicionamiento a  $x$  son:

$$ATE|x = E(Y_1 - Y_0|x)$$

$$ATE_T|x = E(Y_1 - Y_0 | D = 1, x)$$

De esta forma, los nuevos supuestos identificadores se definen como:

- a')  $Y_j$  es estadísticamente independiente de  $D$ , dado  $x$ :  $Y_j \perp\!\!\!\perp D|x$
- b')  $Y_0$  y  $Y_1$  son independientes en media condicional de  $D$  dado  $x$  si  $E(Y_j | D, x) = E(Y_j | x)$ , para  $j = 0, 1$ .
- c) Supuesto de "matching" según subpoblación  $x$ :  $0 < P(D = 1|x) < 1$

En consecuencia,  $ATE|x$  es igual a la diferencia de la media condicional de los grupos beneficiarios y no beneficiarios:

$$\begin{aligned}
ATE|x &= E(Y_1 - Y_0|x) = E(Y_1|x) - E(Y_0|x) = E(Y_1 | D = 1, x) - E(Y_0 | D = 0, x) \\
&= E(Y | D = 1, x) - E(Y | D = 0, x)
\end{aligned}$$

---

<sup>18</sup> También se puede probar que ATE y ATET podrían ser iguales si el programa se aplica a toda la población.

Así mismo, si es que los supuestos anteriormente mencionados no se cumplen, entonces el estimador  $\hat{\delta}$  será sesgado en la estimación de *ATE* o *ATET*.

Cuando los grupos beneficiados y no beneficiados difieren en las características observables  $x$ , se tiene “selección en observables”, mientras que si difieren en las variables no observables  $\varepsilon$  se tiene “selección en no observables”. La representación formal es la siguiente:

Selección en observables:  $E(Y_j|D) \neq E(Y_j)$  pero  $E(Y_j|D, x) = E(Y_j|x)$

Selección en no observables:  $E(Y_j|D, x) \neq E(Y_j|x)$  pero  $E(Y_j|D, x, \varepsilon) = E(Y_j|x, \varepsilon)$

En el caso que solo exista una característica  $x$  que sea binaria, es decir, que tome el valor de 1 para algunos individuos y 0 para el resto, y suponiendo que se cumple el supuesto b'), podemos definir los efectos tratamiento condicionados a  $x$ :

$$\begin{aligned} ATE|_{x=0} &= E(Y_1|D = 1, x = 0) - E(Y_0|D = 0, x = 0) \\ &= E(Y|D = 1, x = 0) - E(Y|D = 0, x = 0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ATE|_{x=1} &= E(Y_1|D = 1, x = 1) - E(Y_0|D = 0, x = 1) \\ &= E(Y|D = 1, x = 1) - E(Y|D = 0, x = 1) \end{aligned}$$

Por otro lado, se puede expresar la diferencia de medias de la variable  $Y$  entre el grupo beneficiado y no beneficiado como:

$$\begin{aligned} E(Y|D = 1) - E(Y|D = 0) &= E(Y|D = 1, x = 0) * \Pr(x = 0|D = 1) \\ &+ E(Y|D = 1, x = 1) * \Pr(x = 1|D = 1) - E(Y|D = 0, x = 0) * \Pr(x = 0|D = 0) \\ &- E(Y|D = 0, x = 1) * \Pr(x = 1|D = 0) \end{aligned}$$

Juntando los sistemas de ecuaciones anteriores, se tiene:

$$\begin{aligned}
E(Y|D = 1) - E(Y|D = 0) &= ATE|_{x=0} * \Pr(x = 0|D = 1) + ATE|_{x=1} * \Pr(x = 1|D = 1) \\
&+ E(Y|D = 0, x = 0) * [\Pr(x = 0|D = 1) - \Pr(x = 0|D = 0)] \\
&+ E(Y|D = 0, x = 1) * [\Pr(x = 1|D = 1) - \Pr(x = 1|D = 0)]
\end{aligned}$$

Los dos primeros términos del lado derecho de la última ecuación muestran el impacto de  $D$  sobre  $Y$  para cada subgrupo. Si  $ATE_{x=0} = ATE_{x=1}$ , entonces la suma de los dos términos se reduce a  $ATE$ . El tercer y cuarto término de la ecuación, corresponden al sesgo debido al no balanceo de  $x$  entre los grupos de beneficiados y no beneficiados. En caso se cumpliera que  $x \perp D$ , entonces esto implicaría que  $\Pr(x|D) = \Pr(x)$  para cualquier combinación de  $x$  y  $D$ , de tal forma que desaparecerían los términos del sesgo. Aun así, si no se cumpliera la independencia estadística entre  $x$  y  $D$ , si la variable  $x$  no tuviera efecto sobre  $Y$  (es decir, si  $x$  fuera una variable irrelevante), se cumpliría que  $E(Y|D, x = 0) = E(Y|D, x = 1)$ , desapareciendo de esta forma el sesgo. El análisis es similar en el caso del sesgo debido a desbalance en variables no observables.

Un estimador consistente de  $ATE$  en el caso de selección en observables (supuesto b') puede obtenerse según regresión lineal, tal como demuestra Wooldridge (2001),<sup>19</sup> en una regresión donde  $x$  es un vector de variables y  $\beta_2$  y  $\beta_3$  son vectores de parámetros, en el que el estimador  $\hat{\beta}_d$  es un estimador consistente de  $ATE$ :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_d d_i + \beta_2' x + \beta_3' (d_i * (x - \bar{x})) + u_i$$

Una de las técnicas más populares en el análisis de políticas a través de datos no experimentales es la del método de pareo o *matching*, en el que los individuos de los grupos beneficiarios y no beneficiarios cumplen ciertas características en un rango común. El objetivo de este método es definir un subgrupo de no beneficiarios llamados "grupo de control", de tal forma que las variables queden balanceadas entre los

---

<sup>19</sup> Wooldridge, Jeffrey. (2001). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. London: The MIT Press, 2001.

tratados y los controles. No obstante, este método solo logra evitar el sesgo generado por variables observables.

Esta técnica es útil cuando: 1) Se busca estimar el *ATET*, 2) Se posee un gran número de observaciones en el grupo de los no beneficiados, y 3) Se posee un conjunto importante de variables observables, en especial antes de la aplicación del tratamiento.

Tal como fue definido anteriormente, el *ATET* es igual a  $E(Y_1 - Y_0|D = 1) = E(Y_1|D = 1) - E(Y_0|D = 1)$ . El último término de esta ecuación no es observable. De igual forma, si el tratamiento no fue asignado en forma aleatoria no se puede utilizar un estimador de  $E(Y_0|D = 0)$  como una aproximación de  $E(Y_0|D = 1)$ , ya que no hay certeza de que las características no observables y observables se encuentren balanceadas entre los grupos de beneficiarios y no beneficiarios.

En consecuencia, el método de "matching" propone supuestos "identificadores" bajo los cuales es posible calcular el *ATET*, asumiendo que: 1)  $(Y_0, Y_1) \perp\!\!\!\perp D|x$ , y 2)  $0 < P(D|x) < 1$ . El primer supuesto nos dice que si se controlan a los individuos según sus características observables, en cada subgrupo de valores específicos de  $x$  el tratamiento es independiente de sus resultados, similar a una asignación aleatoria. Por otro lado, el segundo supuesto afirma que para cada valor de características observables  $x$ , hay individuos que han sido tratados y otros que no han recibido el tratamiento.

De cumplirse estos supuestos, condicionado a  $x$  se puede utilizar al grupo no beneficiario como el escenario contrafactual que se busca, es decir, el grupo de control. De esta forma, se tiene que:

$$ATET|x = E(Y_1|x, D = 1) - E(Y_0|x, D = 0)$$

En caso  $x$  es discreto, el estimador de pareo de *ATET* incondicional es:

$$ATE_T = \sum_x ATE_T|x * Pr(x_i = x|d_i = 1)$$

La restricción de esta técnica pasa por el hecho de que si hay características no observables de los individuos que no están balanceadas, entonces la diferencia de medias condicionada a  $x$  no podría ser un buen estimador del efecto tratamiento promedio. No obstante, en caso se cumpla, lo que se debe buscar después es cómo encontrar dentro del grupo no tratado a un grupo de control que comparta las mismas características del grupo beneficiado y que sea utilizado como el escenario contrafactual. La literatura sugiere diversos métodos: pareo exacto, pareo inexacto y pareo mediante *propensity score*. La presente tesis utilizará el método de *propensity score*.

La técnica del *propensity score* resume en una sola variable todas las características  $x$  de los individuos. En otras palabras, el *propensity score* es la estimación de la probabilidad de ser beneficiado del programa,  $P(x) = Pr(D = 1|x)$ . Rosebaum y Rubin (1983),<sup>20</sup> demostraron que si  $(Y_1, Y_0) \perp\!\!\!\perp D|x$ , entonces se cumple que  $(Y_1, Y_0) \perp\!\!\!\perp P(x)$ . De esta forma, el pareo se puede hacer mediante el *propensity score*.

Este teorema establece, en otras palabras, que obtenemos los mismos resultados si en vez condicionar las distribuciones de las variables de resultados por el vector de características  $x$ , controlamos únicamente por la probabilidad de haber sido tratados dado el valor de este vector, valor que es sólo un escalar:  $P(x)$ , *propensity score*, lo cual es más sencillo y factible de utilizar en la práctica.

En este sentido, si podemos suponer la selección en determinadas variables observables  $x$ , entonces podemos estimar  $ATE_T$  de la siguiente forma:

$$ATE_T = E(Y_1 - Y_0|P(x), D = 1) = E(Y_1|P(x), D = 1) - E(Y_0|P(x), D = 0)$$

---

<sup>20</sup> Rosenbaum P.R. y Donald B. Rubin. (1983) "The central role of the propensity score in observational studies for causal effects." *Biometrika*, Vol. 70 N°1, pp.41-55

El *propensity score*, que no es más que la probabilidad de haber pasado por el programa,  $P(x)$ , se puede estimar para cada uno de los individuos de la muestra de tratados y potenciales controles. El objetivo es obtener una medida de la comparabilidad de los individuos del grupo de control (individuos “no tratados”) con respecto a aquellos del grupo de individuos sujetos a tratamiento; en términos de tener valores de *propensity score* más cercanos.

La estimación del *propensity score* consiste simplemente en la estimación un modelo de elección discreta para modelar la variable de participación en el programa, condicional a un vector de características individuales que pueden haber influido en dicha posibilidad. En este sentido, el *propensity score* puede estimarse con un modelo PROBIT o LOGIT, utilizando como variables explicativas diferentes características individuales que pueden analizar la posibilidad que el individuo tenga acceso a gas natural, las cuales fueron descritas en el Cuadro N° 1 y N° 2.

La utilización de las variables explicativas permiten encontrar grupos emparejados que permitan asumir que el grupo de control refleje el escenario contrafactual del grupo de tratamiento en el período de análisis para poder obtener los resultados del impacto del acceso al gas natural tanto en términos de ahorro en el gasto como el aumento del consumo en los hogares de Lima Metropolitana.

Al respecto, se utilizó un modelo probit con la variable “tratamiento” como variable explicada y como variables explicativas, aquellas relacionadas a las características del jefe del hogar como la vivienda, las cuales son explicadas en el apartado “Anexos” y que se desarrollan en la ecuación:

$$tr = f(se, ed, ed2, cal, cab, mov, int, act, con, amb, sum, med, viv)$$

donde:

Tr: tratamiento (1 si la vivienda posee gas natural y 0 si posee GLP)

Se: sexo del jefe del hogar (1 si es hombre y 0 si es mujer)

Ed: edad del jefe del hogar

Ed2: edad al cuadrado del jefe del hogar

Cal: hogar con equipo de calefacción de agua (1 si cuenta con equipo de calefacción de agua y 0 si no posee equipo de calefacción de agua)

Cab: hogar con acceso a TV cable (1 si cuenta con acceso a TV cable y 0 si no posee acceso a TV cable)

Mov: hogar con acceso a Telefonía Móvil (1 si cuenta con acceso a Telefonía Móvil y 0 si no posee acceso a Telefonía Móvil)

Int: hogar con acceso a Internet (1 si cuenta con acceso a Internet y 0 si no posee acceso a Internet)

Act: hogar con presencia de actividad económica en el hogar (1 si cuenta con presencia económica en el hogar y 0 si no cuenta con presencia de actividad económica en el hogar)

Con: hogar con techo de concreto (1 si cuenta con techo de concreto y 0 si no cuenta con techo de concreto)

Amb: número de ambientes en el hogar

Sum: hogar con suministro individual (1 si cuenta con suministro individual y 0 si es colectivo)

Med: vivienda con medidor de agua (1 si cuenta con medidor de agua y 0 si no cuenta con medidor de agua)

Viv: vivienda propia (1 si la vivienda fue comprada y está totalmente pagada y 0 en otros casos)

Luego de haber efectuado el modelo probit, se procederá a realizar el emparejamiento del grupo de tratamiento y control, con la finalidad de encontrar un grupo de hogares que son muy parecidos en sus características observables a los

distritos que han participado del tratamiento (acceso al gas natural), la única diferencia sería haber aumentado o disminuido el gasto en energía, y/o haber aumentado el consumo en energía, y ser un distrito con acceso al gas natural o GLP. Para ello, se utiliza el “*propensity score matching*”, que es una puntuación asignada a los hogares para saber qué tan parecidos son los hogares que actúan dentro del grupo de control respecto al grupo de tratamiento, tomando en cuenta lo mencionado anteriormente.

Existen distintos métodos de pareo para realizar el *matching*, entre los más conocidos y utilizados se encuentran el método del Vecino Más Cercano (*Nearest Neighbor*) en función al puntaje del *propensity score*, en el cual, para el conjunto de unidades “pares” a una unidad beneficiaria  $i$  se define como:  $A_i(P(x)) = \{j \in N | \min \|\hat{P}_i(x) - \hat{P}_j(x)\|\}$ . También se cuenta con la técnica del *Radius Matching*, definida como:  $A_i(P(x)) = \{j \in N | \|P_i - P_j\| < r\}$ . A diferencia del *Nearest Neighbor*, el conjunto  $A_i(P(x))$  puede tener más de un elemento. De esta forma, el *ATET* se estima considerando el promedio simple de los resultados y los elementos del conjunto mencionado anteriormente. Un método de pareo en el que las unidades del conjunto  $A_i(P(x))$  sean muchas alrededor de  $x$  ponderándolas según una función ponderadora, es el *Kernel*, el cual da más peso a las unidades cercanas y menor peso a las unidades alejadas. Este ponderador se define como:

$$\omega(i, j) = \frac{k\left(\frac{P_i - P_j}{h}\right)}{\sum_{j \in N} k\left(\frac{P_j - P_i}{h}\right)}$$

donde:

$P$ : propensity score

$k(\cdot)$ : función kernel<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> La función kernel,  $k(x)$ , cuenta con las siguientes propiedades:  
 i)  $k(x)$  es simétrica alrededor de 0 y continua

$h$ : vecindad en la que se determina cuantos valores  $P_j$  alrededor de  $P_i$  serán incluidos en el cálculo del promedio.

Para el desarrollo del *matching* en la presente tesis, se utilizará el software R, el cual trabaja principalmente con el comando MatchBalance, que tiene su base en el método de pareo de *Mahalanobis Distance (MD)*, la cual es un tipo de distancia métrica. Se define como:

$$MD(X_i, X_j) = \sqrt{(X_i - X_j)^T S^{-1} (X_i - X_j)}$$

Donde  $S$  es la matriz de covarianzas muestral de  $X$  y  $X^T$  es la transpuesta de la matriz  $X$ . La matriz  $X$  puede contener no solo las variables confundidoras observadas,<sup>22</sup> sino también términos que son funciones de ellos. Con esta matriz de covarianzas, las variables se ponderan según el grado de relación que exista entre ellas, es decir, si están más o menos correlacionadas. Si la correlación es nula y las variables están estandarizadas, se obtiene la distancia euclídea.

A fin de evaluar la validez del procedimiento de *matching*, posteriormente se analizará los promedios de las variables utilizadas en la estimación del probit.

El primer set de estadísticas contiene las medias del grupo de tratamiento y control, así como la diferencia media estandarizada (*mean treatment, mean control* y *std mean diff*, respectivamente, por sus nombres en inglés en los resultados del software R). El segundo set de estadísticas ofrece el resumen de estadísticas basadas en Gráfico Q-Q<sup>23</sup> de forma empírica y estandarizada tanto en media, mediana y máxima diferencia (*mean raw eQQ diff, med raw eQQ diff* y *max raw eQQ*

- 
- ii)  $\int k(z)dz = 1, \int zk(z)dz = 0, \int |k(z)|dz < \infty$
  - iii)  $k(z) = 0$  si  $|z| \geq z_0$  para un  $z_0$  definido, o  $|z|k(z) \rightarrow 0$  cuando  $|z| \rightarrow \infty$
  - iv)  $\int z^2 k(z)dz = k < \infty$

<sup>22</sup> Una variable “confundidora” es aquella que puede causar una asociación real entre otras dos variables, siendo la misma aparente pero no causal. Por ejemplo, la variable confundidora “fumar cigarrillos” puede causar una asociación real pero aparente entre “beber café” y el “infarto de miocardio”.

<sup>23</sup> Un Gráfico Q-Q (Cuantil-Cuantil) permite observar cuan cerca está la distribución de un conjunto de datos a alguna distribución ideal o comparar la distribución de dos conjuntos de datos.

*diff*, respectivamente por sus nombres en inglés en los resultados del software R). El tercer set de estadísticas ofrece el resumen de estadísticas ofrece lo mismo que el segundo set de estadísticas solo que ahora están en la escala de la variable en cuestión tanto en medias (*mean eCDF diff*, *med eCDF diff* y *max eCDF diff*, respectivamente por sus nombres en inglés en los resultados del software R). El último set de estadísticas provee la relación de varianzas del grupo de tratamiento sobre el grupo de control (el cual será igual a 1 si hay un balanceo perfecto), y la prueba *t* de diferencia de medias (*var ratio (Tr/Co)* y *T-test p-value*, respectivamente, por sus nombres en inglés en los resultados del software R). Si son calculados, los diversos test de *Kolmogorov-Smirnov* son mostrados en el software R.

Lo que se busca al momento de evaluar el *matching* con las salidas del software R es lo siguiente:

- a) Que la diferencia de medias entre los grupos de tratamiento y control sea menor luego del *matching*.
- b) Que los resultados del resumen estadístico basado en el Gráfico Q-Q sea menor luego del *matching*.
- c) Que los resultados en la escala de la variable en análisis del resumen estadístico basado en el Gráfico Q-Q sea menor luego del *matching*.
- d) Que el ratio Tr/Co sea más cercano a 1 luego del *matching*.
- e) Que el p-value de diferencia de medias (*T-test p-value*) sea mayor al 5% luego del *matching*.

Para demostrar la primera y segunda hipótesis se utilizará el software STATA (estimación del modelo probit) y el software R (aplicación del *propensity score matching*), mientras que para la tercera hipótesis se utilizará el software STATA.

Las hipótesis no se rechazarán si es que el p-value no es mayor del 5%.

**CAPÍTULO 5:**

**RESULTADOS**

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Estimación del modelo probit en la variable dependiente tratamiento**

Como bien se definió en la sección “método de tratamiento de datos”, y previo a los resultados de los impactos del acceso del gas natural sobre el gasto y consumo en energía, primero se requiere estimar un modelo probit cuyas estimaciones en la variable dependiente servirán para construir la variable “propensity”.

Los resultados se muestran en el Cuadro N° 8, en donde se aprecia que hay una relación positiva entre la variable tratamiento (acceso al gas natural) y las variables explicativas sexo del jefe del hogar, la edad, el hogar con el equipo de calefacción, el hogar con acceso a telefonía móvil, la disponibilidad de techo de concreto, el número de ambientes en el hogar, el suministro individual, y la vivienda con medidor de agua. Por otro lado, se puede apreciar una relación negativa entre la variable tratamiento (acceso al gas natural) y las variables explicativas edad al cuadrado del jefe del hogar, hogar con acceso a TV cable, hogar con acceso a internet, presencia de actividad económica en el hogar y vivienda propia. Si bien no todos los coeficientes no tienen un nivel de significancia que esté por debajo del 5%,

estas variables se mantienen según la experiencia del Osinergmin para estos estudios.<sup>24</sup>

**Cuadro N° 8: Resultados del probit en la variable dependiente tratamiento**

Variables explicativas	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico "z"	P>z
Sexo del jefe del hogar	0.157704	0.121488	1.3	0.194
Edad del jefe del hogar	0.049574	0.025201	1.97	0.049
Edad al cuadrado del jefe del hogar	-0.000317	0.000212	-1.5	0.134
Hogar con equipo de calefacción	0.618877	0.150080	4.12	0.000
Hogar con acceso a TV cable	-0.077017	0.119781	-0.64	0.520
Hogar con acceso a telefonía móvil	0.034977	0.169539	0.21	0.837
Hogar con acceso a internet	-0.093886	0.118716	-0.79	0.429
Presencia de actividad económica en el hogar	-0.418274	0.203434	-2.06	0.040
Techo de concreto	0.362715	0.165404	2.19	0.028
Número de ambientes en el hogar	0.057506	0.042458	1.35	0.176
Suministro individual	0.113090	0.141708	0.8	0.425
Vivienda con medidor de agua	0.703936	0.246601	2.85	0.004
Vivienda propia	-0.073578	0.115465	-0.64	0.524
Constante	-5.056310	0.779983	-6.48	0.000

Fuente: ERCUE 2013 - Osinergmin  
Elaboración: Propia

## 5.2. Impacto sobre el gasto en energía

Los resultados del *matching* se muestran en el Cuadro N° 9. Para encontrar el *ATET* se ha utilizado el método de emparejamiento descrito anteriormente. Se puede apreciar que existe un ahorro importante en el gasto de energía. El gasto promedio en combustible disminuye en 15 Nuevos Soles, con un p-value de 2.9954e-06, lo cual le

<sup>24</sup> Así mismo, para el estudio citado, las variables "hogar con equipo de calefacción de agua, sexo, presencia de actividad económica en el hogar", "vivienda con medidor de agua", "acceso a TV cable", "acceso a internet", "acceso a telefonía móvil", "suministro individual", "vivienda propia" y "techo de concreto" y "constante", superaron el 5% de nivel de significancia.

da al tratamiento un impacto significativo con un nivel de significancia del 5%. En términos porcentuales, la disminución sería de aproximadamente 36% en comparación con el escenario en el que un hogar utiliza GLP.

**Cuadro N° 9: Resultados de la evaluación de impacto en el gasto en energía**

<b>Variables</b>	<b>Matching</b>
Media del grupo de tratamiento	26.268
Media del grupo de control	40.993
Diferencia	14.725
Diferencia (Porcentaje)	35.8%
p-value	2.9954e-06

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin  
Elaboración: Propia

### **5.3. Impacto sobre el consumo de energía**

El cuadro N° 10 también muestra los resultados de la disponibilidad del gas natural sobre el consumo de energía. Los resultados muestran que el consumo equivalente se ha incrementado en casi 0.34 MMBTU/lb, con un p-value de 0.0026546, lo cual le da al tratamiento un impacto significativo con un nivel de significancia del 5%. Más específicamente, se pasa de un consumo de 0.61 MMBTU/lb (en el caso del GLP) a 0.94 MMBTU/lb con gas natural, lo que representa un aumento de poco más de 56%.

Por ello, este ahorro posee una doble dimensión, por cuanto los hogares incrementan su consumo de gas natural (en comparación con los hogares que utilizan GLP), a un menor costo. Por consiguiente, podríamos afirmar que existe un efecto positivo tanto en precios como en cantidades.

**Cuadro N° 10: Resultados de la evaluación de impacto en el consumo en energía**

<b>Variables</b>	<b>Matching</b>
Media del grupo de tratamiento	0.94263
Media del grupo de control	0.60714
Diferencia	0.33549
Diferencia (Porcentaje)	55.3%
p-value	0.0026546

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin  
Elaboración: Propia

A continuación, se muestran los resultados de la evaluación de resultados en las variables utilizadas para el matching:

**Cuadro N° 11: Resultados de la variable sexo**

<b>**** Variable 1: sexo ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
<b>mean treatment.....</b>	0.81081	0.81081
<b>mean control.....</b>	0.76943	0.7886
<b>std mean diff.....</b>	10.517	5.6455
<b>mean raw eQQ diff.....</b>	0.045045	0
<b>med raw eQQ diff.....</b>	0	0
<b>max raw eQQ diff.....</b>	1	0
<b>mean eCDF diff.....</b>	0.020688	0
<b>med eCDF diff.....</b>	0.020688	0
<b>max eCDF diff.....</b>	0.041377	0
<b>var ratio (Tr/Co).....</b>	0.87207	0.92014
<b>T-test p-value.....</b>	0.28556	0.64075

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin  
Elaboración: Propia

**Cuadro N° 12: Resultados de la variable edad**

<b>**** Variable 2: edad ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	62.027	62.027
mean control.....	54.985	63.091
std mean diff.....	54.108	-8.1739
mean raw eQQ diff.....	7.6937	1.9102
med raw eQQ diff.....	8	1
max raw eQQ diff.....	15	14
mean eCDF diff.....	0.095203	0.026434
med eCDF diff.....	0.054373	0.026185
max eCDF diff.....	0.26922	0.064838
var ratio (Tr/Co).....	0.698790	0.908060
T-test p-value.....	0.000000	0.462820
KS Bootstrap p-value..	0.000000	0.267000
KS Naive p-value.....	0.000001	0.368250
KS Statistic.....	0.269220	0.064838

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 13: Resultados de la variable edad al cuadrado**

<b>**** Variable 3: edad al cuadrado ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	4015.2	4015.2
mean control.....	3265.6	4165.3
std mean diff.....	49.835	-9.9787
mean raw eQQ diff.....	848	214.82
med raw eQQ diff.....	917	149
max raw eQQ diff.....	2715	2520
mean eCDF diff.....	0.095203	0.026434
med eCDF diff.....	0.054373	0.026185
max eCDF diff.....	0.26922	0.064838
var ratio (Tr/Co).....	0.735680	0.796720
T-test p-value.....	0.000001	0.407060
KS Bootstrap p-value..	0.000000	0.267000
KS Naive p-value.....	0.000001	0.368250
KS Statistic.....	0.269220	0.064838

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 14: Resultados de la variable calefacción**

<b>**** Variable 4: calefacción****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.90991	0.90991
mean control.....	0.69328	0.92101
std mean diff.....	75.32	-3.8612
mean raw eQQ diff.....	0.21622	0.0099751
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	1
mean eCDF diff.....	0.10831	0.0049875
med eCDF diff.....	0.10831	0.0049875
max eCDF diff.....	0.21663	0.0099751
var ratio (Tr/Co).....	0.3888	1.1268
T-test p-value.....	0.0000	0.73474

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 15: Resultados de la variable acceso a cable**

<b>**** Variable 5: cable****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.59459	0.59459
mean control.....	0.54204	0.5673
std mean diff.....	10.656	5.5341
mean raw eQQ diff.....	0.054054	0
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	0
mean eCDF diff.....	0.026277	0
med eCDF diff.....	0.026277	0
max eCDF diff.....	0.052553	0
var ratio (Tr/Co).....	0.97938	0.982
T-test p-value.....	0.2776	0.63025

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 16: Resultados de la variable acceso a telefonía móvil**

<b>**** Variable 6: móvil****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.9009	0.9009
mean control.....	0.89053	0.89623
std mean diff.....	3.4539	1.5576
mean raw eQQ diff.....	0.018018	0.0024938
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	1
mean eCDF diff.....	0.0051834	0.0012469
med eCDF diff.....	0.0051834	0.0012469
max eCDF diff.....	0.010367	0.0024938
var ratio (Tr/Co).....	0.92367	0.95993
T-test p-value.....	0.7248	0.90231

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 17: Resultados de la variable acceso a internet**

<b>**** Variable 7: internet****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.45045	0.45045
mean control.....	0.39926	0.40298
std mean diff.....	10.242	9.4973
mean raw eQQ diff.....	0.054054	0.069825
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	1
mean eCDF diff.....	0.025595	0.034913
med eCDF diff.....	0.025595	0.034913
max eCDF diff.....	0.051191	0.069825
var ratio (Tr/Co).....	1.0409	1.0289
T-test p-value.....	0.2958	0.38443

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 18: Resultados de la variable presencia de actividad económica en el hogar**

<b>**** Variable 8: actividad ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.045045	0.045045
mean control.....	0.101	0.042627
std mean diff.....	-26.859	1.1605
mean raw eQQ diff.....	0.063063	0.0049875
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	1
mean eCDF diff.....	0.02798	0.0024938
med eCDF diff.....	0.02798	0.0024938
max eCDF diff.....	0.05596	0.0049875
var ratio (Tr/Co).....	0.47778	1.0541
T-test p-value.....	0.0085	0.91641

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin  
Elaboración: Propia

**Cuadro N° 19: Resultados de la variable vivienda hecha de concreto**

<b>**** Variable 9: concreto ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.91892	0.91892
mean control.....	0.77842	0.90317
std mean diff.....	51.239	5.7446
mean raw eQQ diff.....	0.14414	0.01995
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	1
mean eCDF diff.....	0.070247	0.0099751
med eCDF diff.....	0.070247	0.0099751
max eCDF diff.....	0.14049	0.01995
var ratio (Tr/Co).....	0.43567	0.85194
T-test p-value.....	0.0000	0.65804

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin  
Elaboración: Propia

**Cuadro N° 20: Resultados de la variable número de ambientes en el hogar**

<b>**** Variable 10: ambientes ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	3.1261	3.1261
mean control.....	2.6753	2.9924
std mean diff.....	39.1	11.595
mean raw eQQ diff.....	0.4955	0.18454
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	4	1
mean eCDF diff.....	0.047779	0.026363
med eCDF diff.....	0.011408	0.017456
max eCDF diff.....	0.19033	0.077307
var ratio (Tr/Co).....	0.909480	0.914360
T-test p-value.....	0.000111	0.347170
KS Bootstrap p-value..	0.000000	0.040000
KS Naive p-value.....	0.001005	0.181930

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 21: Resultados de la variable suministro individual**

<b>**** Variable 11: suministro ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.87387	0.87387
mean control.....	0.79588	0.87323
std mean diff.....	23.388	0.19296
mean raw eQQ diff.....	0.081081	0.022444
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	1
mean eCDF diff.....	0.038999	0.011222
med eCDF diff.....	0.038999	0.011222
max eCDF diff.....	0.077999	0.022444
var ratio (Tr/Co).....	0.68425	0.99566
T-test p-value.....	0.0195	0.9883

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 22: Resultados de la variable vivienda con medidor**

<b>**** Variable 12: medidor ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.97297	0.97297
mean control.....	0.8551	0.96845
std mean diff.....	72.358	2.7784
mean raw eQQ diff.....	0.11712	0.0049875
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	1
mean eCDF diff.....	0.058935	0.0024938
med eCDF diff.....	0.058935	0.0024938
max eCDF diff.....	0.11787	0.0049875
var ratio (Tr/Co).....	0.21405	0.86056
T-test p-value.....	0.0000	0.84111

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

**Cuadro N° 23: Resultados de la variable vivienda propia**

<b>**** Variable 13: vivienda ****</b>		
	<b>Antes del Matching</b>	<b>Después del Matching</b>
mean treatment.....	0.72072	0.72072
mean control.....	0.61608	0.70448
std mean diff.....	23.219	3.6026
mean raw eQQ diff.....	0.10811	0.072319
med raw eQQ diff.....	0	0
max raw eQQ diff.....	1	1
mean eCDF diff.....	0.052322	0.03616
med eCDF diff.....	0.052322	0.03616
max eCDF diff.....	0.10464	0.072319
var ratio (Tr/Co).....	0.85828	0.96684
T-test p-value.....	0.0195	0.76475

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

De los cuadros anteriores, se puede apreciar que en todos los casos, la diferencia de medias entre los grupos de tratamiento y control es menor luego del *matching*, los resultados del resumen estadístico basado en el Gráfico Q-Q son menores luego del *matching* (salvo en la variable “acceso a internet”), los resultados en la escala de la variable en análisis del resumen estadístico basado en el Gráfico Q-Q es menor luego del *matching* (salvo en la variable “acceso a internet”), el ratio Tr/Co es más cercano a 1 luego del *matching*, y el p-value es mayor al 5%. Estos resultados respaldan la validez del supuesto de *matching*.

#### **5.4. Análisis de los efectos marginales para los determinantes del acceso al gas natural.**

Analizamos los efectos marginales luego del probit para los determinantes del acceso al gas natural. Para ello, utilizamos el software STATA, tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 24: Análisis de los efectos marginales luego del probit para los determinantes del acceso del gas natural**

Marginal effects after probit y = Pr(tratamiento) (predict) = .03604823							
Variable	dy/dx	Error estándar	z	P> z	[ 95% C.I. ]		X
sexo*	0.0115762	0.00827	1.4	0.161	-0.004625	0.027778	0.771728
edad	0.0039244	0.00197	1.99	0.046	0.000068	0.007781	55.3756
edad2	-0.0000251	0.00002	-1.51	0.13	-0.000058	7.40E-06	3307.18
calefacción*	0.0403252	0.00789	5.11	0	0.024862	0.055789	0.705295
cable*	-0.0061383	0.0096	-0.64	0.523	-0.024958	0.012682	0.544955
movil*	0.0027017	0.01278	0.21	0.833	-0.022348	0.027751	0.891109
internet*	-0.0073162	0.00914	-0.8	0.423	-0.025224	0.010591	0.402098
actividad*	-0.0246274	0.0087	-2.83	0.005	-0.041687	-0.007568	0.097902
concreto*	0.0240339	0.00898	2.68	0.007	0.006438	0.04163	0.786214
ambientes	0.0045523	0.00337	1.35	0.177	-0.002053	0.011158	2.7003
suministro*	0.0084279	0.00993	0.85	0.396	-0.011031	0.027887	0.8002
medidor*	0.0363759	0.00754	4.82	0	0.021594	0.051158	0.861638
vivienda*	-0.005922	0.00946	-0.63	0.532	-0.024472	0.012628	0.621878

(\*) dy/dx es para cambios discretos de la variable dicotómica de 0 a 1

Fuente: ERCUE 2013 – Osinergmin

Elaboración: Propia

Para el caso de las variables de acceso a servicios (calefacción, cable, móvil e internet), se cuenta con valores discretos, por lo cual el análisis se realiza sobre cambios porcentuales. Para un hogar con un jefe del hogar hombre con una edad (y edad al cuadrado) promedio con acceso a TV por cable, a móvil, a servicio de internet, que cuenta con presencia de actividad económica en el hogar, con una vivienda con techo de concreto, con un número de ambientes promedio, con suministro individual, con vivienda con medidor de agua y con vivienda propia, aumenta la probabilidad de acceso al gas natural en 4.03 puntos porcentuales. Similar análisis para las distintas variables relacionadas al acceso de otros servicios:

- El hecho de contar con el servicio de TV por cable, dado todo lo demás, reduce la probabilidad de acceso de gas natural en 0.61 puntos porcentuales.

- El hecho de contar con el servicio de telefonía móvil, dado todo lo demás, aumenta la probabilidad de acceso de gas natural en 0.27 puntos porcentuales.
- El hecho de contar con el servicio de internet, dado todo lo demás, disminuye la probabilidad de acceso al gas natural en 0.73 puntos porcentuales.

Por su parte, para las variables relacionadas al jefe del hogar como el sexo y la edad, para el sexo, el hecho de ser jefe del hogar hombre, dado todo lo demás, aumenta la probabilidad de acceso de gas natural en 1.16 puntos porcentuales. Finalmente, por el lado de la edad, un aumento en un año de edad del jefe del hogar, dado todo lo demás provoca un cambio en la probabilidad predicha de 0.0039, es decir, aumentaría en 0.39 puntos porcentuales. Las variables han sido utilizadas tomando como referencia el estudio elaborado por Luis Bendezú Medina en "Evaluación de Impacto del Gas Natural sobre Consumidores Residenciales" en noviembre del 2009 y según la disponibilidad de variables de la ERCUE 2013.<sup>25</sup> Si bien no todos los coeficientes no tienen un nivel de significancia que esté por debajo del 5%, estas variables se mantienen según la experiencia del Osinergmin para estos estudios.

---

<sup>25</sup> Es decir, no se tomó en cuenta la variable "año en que llegó a la vivienda".

**CAPÍTULO 6:**

**CONCLUSIONES**

**Y**

**RECOMENDACIONES DE POLÍTICA**

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA**

### **6.1. Conclusiones**

6.1.1. El gas natural ha sido y es muy importante en la economía del país debido a los diversos canales de impacto que tiene, tales como el ahorro respecto al gasto de GLP y un mayor consumo respecto a esta misma fuente energética. Así mismo, los impactos favorables en la salud y seguridad de los usuarios, así como las implicancias de medio ambiente, permiten que se produzca una sustitución progresiva de los combustibles tradicionales hacia el gas natural.

6.1.2. De la presente tesis, podemos corroborar que se demostraron todas las hipótesis. Con respecto a la primera hipótesis, los hogares con acceso al gas natural tienen un menor gasto energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP. Así mismo, con respecto a la segunda hipótesis, los hogares con acceso al gas natural tienen un mayor consumo energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP. Esto sucede debido a que en ambos casos, el p-value para los grupos de tratamiento y control es menor al nivel de significancia

del 5% (2.9954e-06 para la primera hipótesis, y 0.0026546 para la segunda hipótesis).

- 6.1.3. No obstante lo anterior, cabe mencionar que el efecto producido por el acceso a los hogares al gas natural tendría una doble dimensión: por una parte, los hogares tienen un menor gasto en comparación con la situación anterior, mientras que el consumo se ha incrementado.
  
- 6.1.4. En línea con lo anterior, se debe analizar la implicancia del costo de instalación de gas natural, lo cual podría representar un costo en lugar de un ahorro (al menos durante los primeros meses): estos costos están asociados a modificaciones en la vivienda y comprenden gastos de instalación de acometida y de conexión a la red pública del distribuidor, instalación a la red interna, entre otros. Estos costos podrían generar pérdida de competitividad frente al GLP. En ese sentido, el MEM estableció el Mecanismo de promoción que consiste en descuentos sobre el costo total de la conexión de gas natural, para aquellos consumidores ubicados en zonas geográficas dentro de la concesión o de niveles socioeconómicos bajos. Este Mecanismo es financiado según el pago de las tarifas de todos los consumidores de gas natural.
  
- 6.1.5. En consecuencia, si el consumidor tiene distintas valoraciones de los beneficios futuros en relación a los costos presentes, se estaría ocasionando una menor cobertura que la que realmente debería ocurrir. Sin embargo, las leyes, inversiones y promociones que se están efectuando por parte del Estado y la empresa concesionaria, nos pueden llevar a pensar que la distribución del gas natural llegará a más hogares a un precio competitivo.

6.1.6. Finalmente, con respecto a la tercera hipótesis, solo 5 variables están por debajo del nivel de significancia del 5% con respecto a los efectos marginales: edad del jefe del hogar, presencia de actividad económica en el hogar, el techo de concreto y la vivienda con medidor de agua. Es decir, solo 5 variables contribuyen de manera significativa al cambio de la probabilidad del acceso al gas natural. Sin embargo, también el resto de variables se mantuvieron en el modelo probit con efectos marginales debido a que los estudios del mismo tema de entidades como el Osinergmin los tomaron en cuenta para la estimación del *propensity score*. Esto debido a que el p-value para la comparación de los grupos de tratamiento y control con respecto al consumo y gasto energético mensual en ambos casos, resultó significativo.

## **6.2. Recomendaciones de política**

6.2.1. La ampliación de la cobertura del servicio de gas natural es una tarea del Estado, la cual tiene un objetivo más allá de incentivar a mayores niveles de consumo: llegar a los hogares que dependen del GLP, ya que, al ser el GLP un derivado del petróleo, se genera una gran vulnerabilidad debido a las fluctuaciones del precio del crudo en el mercado internacional.

6.2.2. Es por ello que el gas natural es el combustible que permite a los hogares poseer una fuente de energía limpia, económica y cuyo precio para el sector residencial debe apuntar a reducir la dependencia del petróleo y sus derivados. Este lineamiento no debe ser dejado de lado por el Estado, tomando en cuenta que el principal uso del gas natural es para la cocción de los alimentos.

- 6.2.3. En la presente tesis se hizo un análisis respecto al sustituto más cercano del gas natural como es el GLP, en términos de gasto y consumo. No obstante, para futuras investigaciones relacionadas con el gas natural, se recomienda que el análisis pueda expandirse a otras fuentes energéticas sustitutas tales como la electricidad, leña, carbón, bosta, entre otros.
- 6.2.4. Por otro lado, en lo que respecta a los determinantes del acceso al gas natural, se recomienda que el Estado pueda aumentar sus esfuerzos en aquellas variables que puedan incidir en una mayor decisión de optar por el gas natural, en particular en aquellas variables que resultaron con significancia estadística. Así mismo, para futuras investigaciones, se podría ampliar el universo de variables utilizadas para el análisis de los determinantes del acceso del gas natural, más allá de las características de la vivienda y el jefe del hogar.
- 6.2.5. Complementando el punto anterior, cabe mencionar que el tipo de investigación utilizado para la presente tesis fue de carácter correlacional. En ese sentido, se sugiere que futuras investigaciones a partir del presente documento, puedan hacer un mayor énfasis en las causas y condiciones de los eventos sociales que están detrás de los determinantes del acceso al gas natural, así como los impactos en el gasto y consumo. De esta forma, un estudio más amplio del tema de la presente tesis podría tomar un tipo de investigación de carácter explicativo.
- 6.2.6. El análisis de la presente tesis fue hecho para Lima Metropolitana. Sin embargo, el Estado está haciendo fuertes esfuerzos por descentralizar el consumo del gas natural a lo largo de todo el país, tales como sugieren las Leyes N° 28849: "Ley de descentralización del acceso al consumo de

gas natural”, Ley N° 29496: “Ley de creación de empresas municipales encargadas de la prestación del servicio público de suministro de gas natural por red de ductos en el ámbito de las municipalidades distritales y provinciales”, la Ley N° 29852: “Ley que crea el sistema de seguridad energética en hidrocarburos y el fondo de inclusión social energético”, y la Ley N° 29969: “Ley que dicta disposiciones a fin de promover la masificación del gas natural”, entre otros. El Estado debe continuar con un marco legal que afiance las políticas de acceso al gas natural.

6.2.7. Del mismo modo que se han creado estas leyes, se debe seguir apoyando los proyectos futuros en inversiones de gas natural para el período 2015-2016, tales como la construcción del Complejo petroquímico para la producción de amoníaco, ácido nítrico y nitrato de amonio en Paracas – Pisco (Nitratos del Perú S.A.) con una inversión de mil millones de dólares, el proyecto del Gasoducto Andino del Sur con una inversión de 13 mil millones de dólares, y la construcción y operación de un Complejo petroquímico en el distrito de San Juan de Marcona – Ica para la producción de amoníaco y úrea (CF Industries Inc.), con una inversión de 2 mil millones de dólares, entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Apoyo Consultoría. (2007) "Proyecto Camisea: Impacto sobre el mercado del gas natural y estimación de los beneficios económicos (2007)". Lima-Perú.
- BP (2015). "Data workbook – Statistical Review 2015".
- Beltrán, A. y Juan Castro (2010). "Modelos de datos de panel y variables dependientes limitadas: teoría y práctica". Universidad del Pacífico. Lima-Perú.
- Bendezú, Luis. (2008). "Evaluación de Impacto del Gas Natural sobre Consumidores Residenciales". Osinergmin. Lima – Perú.
- Campbell, D. y Stanley, J. (1963). "Experimental and quasi-experimental designs for research". Boston – Estados Unidos.
- Diamond, A. y Sekhon J. S. (2012). "Genetic Matching for Estimating Causal Effects: A General Multivariate Matching Method for Achieving Balance in Observational Studies", Review of Economics and Statistics, pp. 3-6.
- Espinoza, Luis (2009). "Las Tarifas de Distribución de Gas Natural en el Perú. Marco Conceptual". La Revista del Gas Natural – Osinergmin. pp. 188-203.
- García, Luis. (2010). "Econometría de Evaluación de Impacto". Pontificia Universidad Católica del Perú, Documento de trabajo N° 283.
- Gas Natural de Lima y Callao S.A. (2013). "Pliego tarifario del servicio de distribución de gas natural". Consulta: noviembre del 2013.
- INEI (2011). "Perú: Determinantes de la pobreza, 2009". Lima – Perú.
- INEI (2013). "Variación de los Indicadores de Precios de la Economía, diciembre 2013". Lima – Perú.
- Kjaerbye, Vibeke. (2009). "Does energy labelling on residential housing cause energy savings?". European Council for an Energy Efficient Economy. Dinamarca.
- Ministerio de Energía y Minas (2013). "Informe Anual de Reservas de Hidrocarburos 2013".
- Ministerio de Energía y Minas (2013). "Producción de Líquidos de Gas Natural y Condensados – Diciembre 2013".
- Ministerio de Energía y Minas (2013). "Producción fiscalizada de Gas Natural – Diciembre 2013".

- Ministerio de Energía y Minas (2013). “Refinación – Producción – Diciembre 2013”.
- Ministerio de Energía y Minas (2014). “Informe de Distribución de Gas Natural en Lima y Callao al 31.01.14”.
- Ormeño, Víctor; Espinoza, Luis; Palacios, Carlos; Hokama, Daniel y Virginia Barreda. (2008). “Regulación del Gas Natural en el Perú: Estado del Arte al 2008”. Osinergmin. Lima-Perú.
- Osinergmin (2013) “Boletín Estadístico de la Industria del Gas Natural”. Lima – Perú.
- Osinergmin (2013) “Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía”. Lima-Perú.
- Osinergmin (2013). “Regulación de Gas Natural I Distribución”. XI Curso de Extensión Universitaria.
- Osinergmin (2013). “Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Gas Natural, Primer Semestre del 2013, Año 2 – N° 3 – Diciembre 2013.”. Oficina de Estudios Económicos, OSINERGMIN – Perú.
- Perupetro (2015). “Embarques de Gas Natural para Fines de Exportación”.
- Rosenbaum P.R. y Donald B. Rubin. (1983) “The central role of the propensity score in observational studies for causal effects.” *Biometrika*, Vol. 70 N°1, pp.41-55.
- Rubin, Donald. (1974). “Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized experiments”, *Journal of Educational Psychology* 66, pp.688-701.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. D. L. L. C. (1998). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. pp. 21-56 y pp. 75-106.
- Sekhon, J. (2011). “Multivariate and Propensity Score Matching Software with Automated Balance Optimization: The Matching Package for R.” *Journal of Statistical Software*, Forthcoming.
- Tamayo, Jesús; Vásquez, Arturo; Salvador, Julio y Raúl García (Editores) (2014). “La Industria del Gas Natural en el Perú: A diez años del proyecto Camisea”. Primera edición. Osinergmin. Lima-Perú.
- Vásquez, A.; Ruiz, E., y J. Aurazo (2014). Reporte de Resultados. Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía - 2013. Oficina de Estudios Económicos, Osinergmin – Perú.

- Weber, Jeremy. (2014) "Shale Gas Development and Housing Values over a Decade: Evidence from the Barnett Shale". Washington – Estados Unidos.

## **ANEXOS**

## ANEXOS

### Anexo N° 1: Matriz de Consistencia

N°	OBJETIVOS	PROBLEMA	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
1	Analizar cómo impacta el acceso de los hogares al gas natural en el gasto energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013	¿Cómo impacta el acceso de los hogares al gas natural en el gasto energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013?	Los hogares con acceso al gas natural tienen un menor gasto energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013	VD: Gasto energético mensual VI: - Propensity* - Tratamiento	- Nuevos soles por cada hogar - Probabilidad estimada de acceso al gas natural por cada hogar - Porcentaje de tenencia del servicio de gas natural por cada hogar
2	Analizar cómo impacta el acceso de los hogares al gas natural en el consumo energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013	¿Cómo impacta el acceso de los hogares al gas natural en el consumo energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013?	Los hogares con acceso al gas natural tienen un mayor consumo energético mensual con respecto a aquellos hogares con acceso a GLP en Lima Metropolitana para el año 2013	VD: Consumo energético mensual VI: - Propensity* - Tratamiento	- MMBTU por cada hogar - Probabilidad estimada de acceso al gas natural por cada hogar - Porcentaje de tenencia del servicio de gas natural por cada hogar
3	Analizar si los cambios porcentuales con respecto al sexo, la edad y la edad al cuadrado del jefe del hogar, el hogar con equipo de calefacción, acceso a TV cable, telefonía móvil, internet, la presencia de la actividad económica en el hogar, el techo de concreto, el número de ambientes en el hogar, la vivienda con medidor de agua y la vivienda propia tienen significancia estadística en el cambio de la probabilidad del acceso del gas natural en los hogares en Lima Metropolitana para el año 2013	¿El cambio porcentual con respecto al sexo, la edad y la edad al cuadrado del jefe del hogar, el hogar con equipo de calefacción, acceso a TV cable, telefonía móvil, internet, la presencia de la actividad económica en el hogar, el techo de concreto, el número de ambientes en el hogar, la vivienda con medidor de agua y la vivienda propia tienen significancia estadística en el cambio de la probabilidad del acceso del gas natural en los hogares en Lima Metropolitana para el año 2013?	Los cambios porcentuales con respecto al sexo, la edad y la edad al cuadrado del jefe del hogar, el hogar con equipo de calefacción, acceso a TV cable, telefonía móvil, internet, la presencia de la actividad económica en el hogar, el techo de concreto, el número de ambientes en el hogar, la vivienda con medidor de agua y la vivienda propia son determinantes del cambio de la probabilidad del acceso del gas natural en los hogares en Lima Metropolitana para el año 2013	VD: Tratamiento VI: - Sexo del jefe del hogar - Edad del jefe del hogar - Edad al cuadrado del jefe del hogar - Hogar con equipo de calefacción - Hogar con acceso a TV cable - Hogar con acceso a telefonía móvil - Hogar con acceso a internet - Presencia de actividad económica en el hogar - Techo de concreto - Número de ambientes en el hogar - Suministro individual - Vivienda con medidor de agua - Vivienda propia	- Porcentaje de tenencia del servicio de gas natural por cada hogar - Porcentaje de ser varón por el jefe de cada hogar - Edad del jefe del hogar por cada familia - Edad al cuadrado del jefe del hogar por cada familia - Porcentaje de tenencia de equipo de calefacción de gas natural por cada hogar - Porcentaje de tenencia de TV cable de gas natural por cada hogar - Porcentaje de acceso a telefonía móvil por cada hogar - Porcentaje de acceso a internet por cada hogar - Porcentaje de presencia de actividad económica en el hogar por cada familia - Porcentaje de tenencia de techo de concreto por cada vivienda - Cantidad de ambientes en el hogar por vivienda - Porcentaje de tenencia de suministro individual por cada vivienda - Porcentaje de tenencia de vivienda con medidor de agua - Porcentaje de tenencia de vivienda propia

(Continuación)

N°	TIPO DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN, MUESTRA Y MÉTODO DE TRATAMIENTO DE DATOS
1	Correlacional	Cuantitativo	Experimental: cuasiexperimental	Información obtenida del ERCUE 2013  - <b>Población:</b> Hogares a nivel nacional (6,041,066).
2	Correlacional	Cuantitativo	Experimental: cuasiexperimental	- <b>Muestra:</b> Hogares a nivel de Lima Metropolitana que tengan acceso o a gas natural (111) o a GLP (1891).
3	Correlacional	Cuantitativo	Experimental: experimental "verdadera"	- <b>Método de tratamiento de datos:</b> Mediante técnicas econométricas de evaluación de impacto tales como el propensity score matching (primera y segunda hipótesis) y técnicas econométricas tales como el modelo probit con efectos marginales (tercera hipótesis). El software usado será STATA y R (primera y segunda hipótesis) y STATA (tercera hipótesis). Las hipótesis no se rechazarán si es que el p-value no es mayor del 5%.

\*La variable "propensity" es independiente para la estimación del consumo y gasto energético, pero es igual a los valores estimados de la corrida de un modelo probit con las variables definidas para contrastar la tercera hipótesis (VD y VI).

## Anexo 2: Obtención de los Precios Ramsey

Dammert, A. *et. al.*(2008) introducen una derivación de los documentos de Baumol y Bradford (1970) y Braeutigam (1989).

En el caso de un monopolio natural, el planificador social requiere maximizar el excedente del consumidor sujeto a la restricción de que el productor recupere todos sus costos, lo cual se puede expresar como un lagrangiano (L):

$$Max_{\{p_i\}} L = \sum_{i=1}^n \int_{p_i}^{\infty} Y_i(v) dv + \lambda \left[ 0 - \left( \sum_{i=1}^n p_i Y_i(p_i) - C(Y_1, \dots, Y_n) \right) \right]$$

$$Max_{\{p_i\}} L = \sum_{i=1}^n \int_{p_i}^{\infty} Y_i(v) dv - \lambda \left[ \sum_{i=1}^n p_i Y_i(p_i) - C(Y_1, \dots, Y_n) \right]$$

donde:

- $Y_i$  es la función de demanda para el producto  $i$
- $v$  es el *mark up* o porcentaje del costo marginal que corresponde al exceso del precio sobre el costo marginal.
- $p_i$  es el precio para el producto  $i$
- $C$  es la función de costos para el conjunto de productos que oferta el productor
- $\lambda$  es el multiplicador de Lagrange asociado con la condición de igualdad de ingresos y costos.

Derivando respecto a cada precio para demandas independientes e igualando a cero, obtenemos la condición de primer orden:

$$\frac{\partial L}{\partial p_i} = -Y_i(p_i) - \lambda \left( Y_i(p_i) + p_i \frac{\partial Y_i}{\partial p_i} - \frac{\partial C}{\partial Y_i} \frac{\partial Y_i}{\partial p_i} \right) = 0$$

Multiplicando por  $1/Y_i(p_i)$ :

$$\begin{aligned}
0 &= -\frac{Y_i(p_i)}{Y_i(p_i)} - \lambda \left( \frac{Y_i(p_i)}{Y_i(p_i)} + \frac{p_i}{Y_i(p_i)} \frac{\partial Y_i}{\partial p_i} - \frac{\partial C}{\partial Y_i} \frac{\partial Y_i}{\partial p_i} \frac{1}{Y_i(p_i)} \right) \\
&= -1 - \lambda \left( 1 + \varepsilon_i - \frac{\partial C}{\partial Y_i} \frac{\partial Y_i}{\partial p_i} \frac{p_i}{Y_i(p_i)} \frac{1}{p_i} \right)
\end{aligned}$$

Si  $\partial C / \partial Y_i = CMg_i$ , se tiene:

$$0 = -1 - \lambda \left( 1 + \varepsilon_i - \frac{CMg_i x \varepsilon_i}{p_i} \right) \rightarrow 1 = -\lambda \left( 1 + \frac{(p_i - CMg_i) x \varepsilon_i}{p_i} \right)$$

$$(1 + \lambda) = -\lambda \left( \frac{(p_i - CMg_i) x \varepsilon_i}{p_i} \right) \rightarrow -\frac{(1 + \lambda)}{\lambda} = \left( \frac{p_i - CMg_i}{p_i} \right) \varepsilon_i$$

Reordenando, se tiene la regla de precios Ramsey:

$$\frac{p_i - CMg_i}{p_i} = -\frac{1 + \lambda}{\lambda} \frac{1}{\varepsilon_i} \rightarrow \frac{p_i - CMg_i}{p_i} = R x \frac{1}{\varepsilon_i}$$

donde:

- $\lambda$  es el multiplicador de Lagrange asociado con la condición de igualdad de ingresos y costos.
- $R$  es el número de Ramsey que representa el nivel general de precios de la empresa regulada.
- $\varepsilon$  es la elasticidad-precio de la demanda del bien  $i$
- $CMg_i$  es el costo marginal del bien  $i$

Esta regla muestra el desvío óptimo de los precios respecto a los costos marginales de producción de cada bien necesario para cubrir los costos totales del monopolista. Es decir, para cubrir los costos del monopolista resulta más eficiente introducir desviaciones proporcionalmente más altas del precio con respecto al costo marginal en los servicios o bienes de menor elasticidad, como consecuencia de la reducción de la pérdida de excedente del consumidor para la sociedad.