



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL IBEROAMERICANA

ÁREA DE DOCTORADO

DOCTORADO EN PROYECTOS

**Línea de Investigación en:**

**Gestión Empresarial y Desarrollo Directivo**

## **TESIS DOCTORAL**

Título

**Estudio causal de los factores que afectan el abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el mercado peruano mediante ecuaciones estructurales.**

Doctoranda

**Beatriz Juana Adaniya Higa**

Director

**Lázaro Salomón Dibut Toledo**

**Noviembre de 2019**

## **DEDICATORIA**

A mi esposo Ernesto y mis hijos Angélica y Alejandro,  
quienes me apoyaron incondicionalmente y  
cuya paciencia, comprensión y apoyo permanente  
fueron mi soporte en los momentos difíciles.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha podido ser concluida gracias a los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del Programa de Doctorado en Diseño de Proyectos por lo que estoy muy agradecida con todos los profesores y compañeros de estudios quienes contribuyeron a consolidar el conocimiento. Un especial agradecimiento al Dr. Fermín Ferriol quien, con sus consejos oportunos, me permitió encausar la investigación. Al Dr. Salomón Dibut quien, con sus consejos y sugerencias, me permitió agregarle valor a la investigación.

Al Ing° Ricardo Rodríguez, quien me orientó en la aplicación de la Dinámica de Sistemas generando nuevo conocimiento con la metodología de la dinámica de los sistemas blandos aplicada al suministro de gas natural y GLP, en el Perú.

Mi profundo agradecimiento a los ingenieros Carolina Lau, César Retuerto y Olver Rebaza por su apoyo incondicional en la etapa de recolección y preparación de la información.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron con su entusiasmo y actitud positiva, dándome el apoyo espiritual que necesité durante el desarrollo de esta investigación.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
Capítulo I: Introducción.....	1
Capítulo II: Planteamiento de la investigación .....	7
2.1 Justificación de la investigación.....	7
2.2 Problema de la investigación.....	15
2.3 Preguntas de investigación .....	16
2.4 Objetivos.....	17
2.4.1 Objetivo General.....	17
2.4.2 Objetivos Específicos.....	17
Capítulo III: Marco teórico .....	18
3.1 Marco teórico de la Seguridad de Suministro .....	18
3.2. Marco conceptual.....	60
3.3 Marco teórico de las relaciones causales.....	62
3.3.1 Cadenas de valor.....	62
3.3.2 Modelos de ecuaciones estructurales.....	69
3.3.3 Las relaciones causales .....	75
3.3.4 La metodología de la dinámica de los sistemas blandos.....	92
Capítulo IV: Investigaciones precedentes sobre estudios de demanda, seguridad de suministro y la aplicación de análisis multivariante .....	104
4.1 Estudios de demanda de combustibles y seguridad de suministro.....	104
4.2 Aplicaciones de la metodología de la dinámica de los sistemas blandos.....	107
4.3 Uso del análisis causal y dinámica de sistemas.....	108
4.4 Usos del análisis factorial y modelos de ecuaciones estructurales en.....	115
investigaciones sobre energía .....	115

Capítulo V: Metodología.....	120
5.1. Tipo .....	124
5.2 Alcance de la Investigación .....	124
5.3. Diseño de Investigación.....	125
5.4 Hipótesis .....	126
5.4.1 Hipótesis general.....	126
5.4.2 Hipótesis específicas .....	127
5.5 Población y muestra.....	128
5.6 Variables.....	129
5.7 Métodos e instrumentos de investigación.....	131
5.8 Análisis de los datos.....	132
Capítulo VI: Resultados .....	141
6.1 Análisis de fiabilidad .....	148
6.2 Análisis Factorial por Extracción de Componentes Principales .....	153
6.3 Análisis con el Modelo de Ecuaciones Estructurales .....	164
6.3.1 Modelo conceptual del modelo de ecuaciones estructurales .....	166
6.3.3 Indicadores de ajuste del modelo .....	171
6.4 Comprobación de las hipótesis .....	174
6.4.1 Comprobación de la hipótesis general .....	174
6.4.2 Hipótesis específicas .....	174
CAPÍTULO VII. Aportes de la investigación.....	178
7.1 Aportes de la investigación.....	178
7.2 Modelamiento para una gestión de largo plazo.....	179
Capítulo VIII. Conclusiones, limitaciones, recomendaciones .....	187
8.1 Conclusiones.....	187
8.2 Limitaciones.....	189
8.3 Recomendaciones .....	190
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	191
ANEXOS .....	202
Anexo 1. Pruebas de Normalidad Univariante .....	203
Anexo 2. Informe de análisis prospectivo del abastecimiento de GLP a nivel nacional, evaluado en el periodo 2014 al 2018.....	210

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Evolución de la definición de seguridad energética en los últimos 33 años</i> .....	33
Tabla 2 <i>Paradigmas desarrollados en torno al estudio de la seguridad energética</i> .....	34
Tabla 3 <i>Exportaciones mensuales de GLP</i> .....	52
Tabla 4 <i>Capacidad de almacenamiento de GLP en Pluspetrol – Pisco</i> .....	53
Tabla 5 <i>Fuentes de información utilizadas durante la etapa de recolección</i> .....	79
Tabla 6 <i>Variables involucradas en la problemática del abastecimiento de GLP</i> .....	81
Tabla 7 <i>Cosmovisión o Weltanschauung de los Grupos de Interés de mayor relación con el abastecimiento de GLP</i> .....	83
Tabla 8 <i>Cosmovisión o Weltanschauung de los Grupos de Interés de mayor relación con el abastecimiento de GLP y los Sistemas Relevantes Orientados al Problema</i> .....	84
Tabla 9 <i>Definición básica y los elementos que la definen</i> .....	86
Tabla 10 <i>Definiciones básicas</i> .....	99
Tabla 11 <i>Diferencias entre la regresión lineal y la regresión múltiple</i> .....	133
Tabla 12. <i>Datos de las variables que constituyen los factores de cambio, en archivo Excel</i> .....	143
Tabla 13 <i>Variables exógenas</i> .....	148
Tabla 14 <i>Estadísticos de fiabilidad</i> .....	149
Tabla 15. <i>Vista de fichero de datos del programa SPSS versión 23</i> .....	150
Tabla 16 <i>Matriz de correlaciones inter - elementos para 13 variables</i> .....	151
Tabla 17 <i>Matrices anti - imagen</i> .....	152
Tabla 18 <i>Estadísticos de fiabilidad</i> .....	153
Tabla 19 <i>Matriz de correlaciones inter - elementos para 8 variables</i> .....	153
Tabla 20 <i>Prueba de Normalidad de las variables</i> .....	155
Tabla 21 <i>Resultados de la aplicación de la correlación lineal de Pearson</i> .....	156
Tabla 22 <i>Comprobación de la linealidad de los datos de las variables</i> .....	157
Tabla 23 <i>Matriz de correlaciones</i> .....	158
Tabla 24 <i>Parámetros de adecuación muestral</i> .....	159
Tabla 25 <i>Tabla de comunalidades</i> .....	159
Tabla 26 <i>Varianza total explicada</i> .....	160
Tabla 27 <i>Varianza total explicada con rotación ortogonal, Varimax</i> .....	160

Tabla 28 <i>Varianza total explicada con rotación oblícua, Oblimin</i> .....	161
Tabla 29 <i>Matriz de patrón<sup>a</sup></i> .....	162
Tabla 30 <i>Matriz de correlaciones reproducidas</i> .....	163
Tabla 31 <i>Tabla de coeficientes de regresión</i> .....	166
Tabla 32 <i>Pesos de la regresión</i> .....	171
Tabla 33 <i>Pesos estandarizados de la regresión</i> .....	171
Tabla 34 <i>Varianzas</i> .....	171
Tabla 35 <i>Valores de referencia de parámetros de ajuste</i> .....	172
Tabla 36 <i>Tabla comparativa de parámetros de ajuste en el modelo</i> .....	172
Tabla 37 <i>Parámetros utilizados para la simulación por dinámica de sistemas</i> .....	184

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa del sistema de transporte de GNS y LGN.....	11
<i>Figura 2.</i> Relación entre la Política Energética y Seguridad Energética.....	49
<i>Figura 3.</i> Producción de GLP a nivel nacional (diciembre 2016 a diciembre 2017). .....	50
<i>Figura 4.</i> Demanda Nacional de GLP reportada por los Productores e Importadores. ....	51
<i>Figura 5.</i> Capacidad actual de almacenamiento de GLP a nivel nacional y nuevos proyectos ...	54
<i>Figura 6.</i> Inventario disponible de GLP en Lima: enero y febrero 2018. ....	55
<i>Figura 7.</i> Inventario disponible de GLP en Pisco: enero y febrero 2018. ....	56
<i>Figura 8.</i> Días de abastecimiento disponible de GLP en Lima: enero y febrero 2018.....	56
<i>Figura 9.</i> Días de abastecimiento disponible de GLP en Pisco: enero y febrero 2018. ....	57
<i>Figura 10.</i> Estructura del suministro de gas natural en el Perú. ....	64
<i>Figura 11.</i> Actividades en la cadena de valor del gas natural. ....	64
<i>Figura 12.</i> Etapas de producción, distribución y comercialización de GLP, en el Perú. ....	66
<i>Figura 13.</i> Esquema simplificado de la cadena de valor de los hidrocarburos líquidos. ....	67
<i>Figura 14.</i> Grupos de interés involucrados en la problemática del abastecimiento de GLP. ....	68
<i>Figura 15.</i> Relaciones causales entre variables. ....	74
<i>Figura 16.</i> Esquema de la clasificación de eventos peligrosos. ....	76
<i>Figura 17.</i> Esquema de los eventos que provienen del análisis del contexto interno. ....	77
<i>Figura 18.</i> Esquema de los eventos que provienen del análisis del entorno. ....	78
<i>Figura 19.</i> Esquema de los eventos que provienen de eventos no humanos. ....	78
<i>Figura 20.</i> Cuadro pictográfico de eventos y riesgos en el transporte de gas natural. ....	82
<i>Figura 21.</i> Definición básica y los elementos que la definen. ....	86
<i>Figura 22.</i> El proceso de la Metodología de los Sistemas Blandos.....	96

<i>Figura 23.</i> Modelo convencional de los sistemas blandos de 7 estadios.....	97
<i>Figura 24.</i> Cuadro pictográfico de riesgos, eventos e impactos.....	98
<i>Figura 25.</i> Análisis SODA para soluciones alternativas. ....	101
<i>Figura 26.</i> Demanda nacional de energía proyectada 2012-2050.....	102
<i>Figura 27.</i> Esquema de las actividades de los miembros del CORES. ....	111
<i>Figura 28.</i> Coeficientes estandarizados con sus correspondientes niveles de significancia y varianza explicada en el modelo de ecuaciones estructurales propuesto.....	116
<i>Figura 29.</i> Modelo de ecuaciones estructurales propuesto para el uso continuado de gas natural. .....	117
<i>Figura 30.</i> Modelo Expectativas – Confirmación, modelo extendido de ecuaciones estructurales para el uso continuado de gas natural. ....	118
<i>Figura 31.</i> Modelo recursivo.....	134
<i>Figura 32.</i> Modelo con coeficientes de ruta. ....	135
<i>Figura 33.</i> Modelo Análisis Factorial Exploratorio. ....	139
<i>Figura 34.</i> Modelo Análisis Factorial Confirmatorio.....	140
<i>Figura 35.</i> Reservas de petróleo y gas natural.....	144
<i>Figura 36.</i> Producción de petróleo y LGN. ....	145
<i>Figura 37.</i> Demanda e Importación de petróleo. ....	145
<i>Figura 38.</i> Procesamiento de petróleo y gas natural.....	146
<i>Figura 39.</i> Producción, Demanda e Importación de GLP. ....	147
<i>Figura 40.</i> Propuesta de modelo de regresión múltiple.....	165
<i>Figura 41.</i> Modelo de regresión múltiple mostrando los efectos directos. ....	165
<i>Figura 42.</i> Diagrama para un modelo básico de ecuaciones estructurales. ....	166

<i>Figura 43.</i> Propuesta de modelo de ecuaciones estructurales. ....	169
<i>Figura 44.</i> Cargas, varianzas y covarianzas del modelo propuesto.....	170
<i>Figura 45.</i> Relaciones causales entre las variables involucradas en el abastecimiento de GLP. 180	
<i>Figura 46.</i> Modelo de Dinámica de Sistemas para la producción de GLP.....	183
<i>Figura 47.</i> Variación en el tiempo de las variables GNH Almacenado Malvinas – LGN Transportado – GLP Producido Pisco. Resultado de la simulación. ....	185

## LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

BP:	British Petroleum
DGH:	Dirección General de Hidrocarburos
DS:	Decreto Supremo
EM:	Energía y Minas
FISE:	Fondo de Inclusión Social Energético
GLP:	Gas Licuado de Petróleo
GN:	Gas Natural
GNH:	Gas Natural Húmedo
GNL:	Gas Natural Licuefactado
GNS:	Gas Natural Seco
GPAE:	Gerencia de Políticas y Análisis Económico
LGN:	Líquidos de Gas Natural
MESSAGE:	Model for Energy Supply System Alternatives and their General Environmental Impacts
Minam:	Ministerio del Ambiente
Minem:	Ministerio de Energía y Minas
OEE:	Oficina de Estudios Económicos
OIEA:	Organización Internacional de Energía Atómica
Osinergmin:	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PRICE:	Procedimiento de entrega de información de precios de combustibles derivados de hidrocarburos
RCD:	Resolución de Consejo Directivo
SCOP:	Sistema de Control de Órdenes de Pedido
SPIC:	Sistema de Procedimiento de Información Comercial
TGP:	Transportadora de Gas del Perú (concesionario de transporte de gas natural)

## RESUMEN

La investigación utiliza el concepto de seguridad energética en el estudio del abastecimiento del Gas Licuado de Petróleo (GLP), combinando las metodologías de dinámica de sistemas y análisis multivariante; constituye una base de referencia para otras investigaciones sobre suministro de combustibles que coadyuven a establecer y garantizar la seguridad energética en el Perú. La investigación utiliza los métodos cualitativo y cuantitativo dentro de un mismo estudio, lo cual permite realizar inferencias como resultado del análisis de la información recolectada. Asimismo, explica las relaciones causales existentes entre las variables intervinientes en la problemática y, a su vez, se orienta a la solución de un problema. La investigación trabaja con data de dominio público, real, y explora los pocos estudios de carácter científico orientados al abastecimiento de combustibles líquidos en el Perú para luego desarrollar un diseño que somete a prueba las hipótesis causales. Adicionalmente, establece la existencia de correlación entre las diferentes variables involucradas en el problema. El desarrollo del análisis de la situación problemática siguiendo la metodología de la dinámica de los sistemas blandos (Soft System Dynamics Methodology) permite identificar las variables involucradas tomando en consideración que cada individuo tiene su propia percepción e interpretación del mundo por lo cual tendrá también su propia percepción e interpretación de una situación problemática en particular. Ello permite una adecuada definición del problema y las situaciones de conflicto o factores críticos que se presentan en el abastecimiento de GLP, así como la identificación de las restricciones y alternativas de solución. El uso del análisis multivariante mediante la generación de un modelo de ecuaciones estructurales permite identificar los factores de impacto significativo en la problemática analizada.

**Palabras clave:** seguridad energética, análisis multivariante, dinámica de sistemas, relaciones causales, ecuaciones estructurales.

## ABSTRACT

This research uses the concept of energy security in the study of the supply of Liquefied Petroleum Gas (LPG), combining system dynamics methodologies and multivariate analysis; provides a baseline for other fuel supply researches that help establish and ensure energy security in Peru. It combines qualitative and quantitative methods, within the same study. This allows inferences to be made as a result of the analysis of the information collected. Likewise, it explains the causal relationships between the variables involved and, at the same time, it is oriented to the solution of a problem. The research uses real data and explores the few scientific studies aimed at the supply of liquid fuels in Peru, and then it develops a design that tests causal hypotheses. In addition, it can be proved the existence of correlation between the different variables involved in the problem. The development of the analysis of the problematic situation following the Soft System Dynamics Methodology allows to identify the variables involved considering that everyone have their own perception and interpretation of the world so they will also have their own interpretation of a problematic situation. This circumstance allows an adequate definition of the problem and conflicting situations or critical factors that arise in the supply of LPG, as well as the identification of restrictions and alternative solutions. The use of multivariate analysis by generating a model of structural equations allows to know the factors of significant impact on the problem analyzed.

**Keywords:** energy security, multivariate analysis, system dynamics, causal relationships, structural equations.

## Capítulo I: Introducción

La presente investigación tiene como primer propósito mostrar cómo fue definido inicialmente el concepto de seguridad energética además de su variación a través del tiempo al irse incorporando nuevos conceptos para darle mayor sostenibilidad con el transcurso de los años. Adicionalmente, es su intención presentar un aporte al estudio del abastecimiento de combustibles, como el Gas Licuado de Petróleo (GLP), haciendo uso de una combinación de metodologías de dinámica de sistemas y análisis multivariable. Se considera esta investigación como una base de referencia para otros estudios sobre suministro de combustibles que coadyuven a establecer y garantizar la seguridad energética, tanto en el Perú como en otros países de estructuras de mercado similares.

Es intención de la autora de esta investigación, contribuir a un mayor análisis de la problemática del abastecimiento de energéticos en el Perú mostrando los beneficios de utilizar una combinación de metodologías que toman en cuenta los pensamientos propios de cada grupo de interés involucrado, directa o indirectamente, en esta problemática, en particular, en la del GLP, y relacionarlos con las diferentes variables que actúan en toda la cadena de valor de este combustible.

Los conceptos de seguridad energética aluden a los términos seguridad de suministro o seguridad de abastecimiento, de forma tal que, buscando mayores precisiones en las definiciones, fue posible desarrollar una investigación que ha permitido identificar la existencia de diferentes criterios y gran diversidad de enfoques conceptuales de lo que significa garantía de suministro incluyendo disentimientos entre diferentes investigadores y grupos de interés involucrados. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos analizados, se percibe a la seguridad energética como la disponibilidad de energéticos que permite satisfacer la demanda de energía de la sociedad, de manera sostenible y a precios razonables y aceptables.

La gran cantidad de referencias científicas y de agencias internacionales de energía, entre libros, publicaciones y artículos publicados en la web que tratan el tema de la seguridad energética representa un buen indicativo que hace evidente la preocupación de todos los países del orbe por la fiabilidad y facilidad de acceso al suministro de energía, observándose que esta cantidad ha ido creciendo con los años más tomando en cuenta el hecho de que esta atención se incrementa con las alzas en el precio de la energía o con problemas de suministro debido a conflictos geopolíticos. Debido a ello, el interés despertado bajo estas circunstancias es el de encontrar estrategias de seguridad energética a largo plazo, para el abastecimiento de GLP en el Perú.

El análisis de la seguridad energética involucra un estudio del contexto externo e interno de un país. Eso quiere decir que, todo análisis de contexto externo debe incluir la evaluación de la posibilidad de ver interrumpida la accesibilidad a la energía por causa de eventos dentro de un contexto geopolítico de dependencia al estar sometidos a un conjunto de riesgos que pueden originarse en el lugar de producción o en el transporte a los lugares de utilización final del recurso. Esta investigación se ha desarrollado con base en el concepto de que la interrupción del abastecimiento del GLP puede originarse en la fuente (producción en una refinería de petróleo o en una planta de procesamiento de gas natural) como en su medio de transporte (buque o camión cisterna), y son diversos los eventos que pueden originarlo. El desafío es encontrar proveedores (grupos de interés, nacionales o extranjeros) que permitan lograr un balance diverso de GLP y ubicaciones geográficas, así como medios de transporte, que permitan equilibrar niveles mínimos de seguridad con costos adecuados.

La investigación, en este contexto, se ha orientado a identificar diferentes aspectos que generen alternativas para resolver un problema real enmarcándose en una investigación explicativa y aplicada. El alcance del diseño ha sido cuantitativo, no experimental, longitudinal y tendencial al analizar cambios a través del periodo 2000-2016. La validez externa se ha conseguido generalizando los resultados a situaciones similares de aseguramiento de suministro de energéticos y la validez interna ha sido conseguida cuando los resultados, adecuadamente analizados e interpretados, han mostrado la relación existente entre las variables permitiendo, a

su vez, observar el efecto de otras variables no involucradas, sobre las variables percibidas como variables dependientes.

Con el propósito de encontrar un modelo adecuado para una gestión viable que asegure la sostenibilidad a largo plazo, a nivel nacional, del abastecimiento de GLP; bajo el paraguas de la complejidad, se adoptó una visión fenomenológica, hermenéutica y sistémica, analizando la producción, el transporte y el procesamiento de gas natural, tomando en cuenta la participación humana que es la que finalmente determina una serie de decisiones que afectan el abastecimiento. Cada parte de los procesos involucrados fue analizado en su manera de relacionarse e interactuar dentro del problema, el mismo que, una vez definido, propone diversas estructuras dinámicas que explicarían el comportamiento real causante de los problemas de desabastecimiento.

Por lo tanto, ha sido necesario identificar todos los factores y riesgos asociados que se constituyen como variables, directa o indirectamente involucradas en la situación problemática. Estos factores incluyeron, la producción de gas natural; los incidentes en el sistema de transporte por ducto, tanto de gas natural como de gas natural seco (el que aparentemente no tiene relación con el abastecimiento de GLP) y de líquidos de gas natural; las paradas programadas o de emergencia de las plantas de procesamiento; el cierre de puertos debido a condiciones climáticas que producen oleaje anómalo (que, en una primera mirada, tampoco se percibe que tenga mayor relación con el abastecimiento de GLP); los inventarios insuficientes y la falta de capacidad de almacenamiento distribuida a nivel nacional.

Entonces, un primer análisis indica que, si se observa que una o más de las variables independientes hacen variar a las variables dependientes, entonces la variación de éstas se debe a la variación de las variables independientes excluyendo otras causas o factores; de la misma manera, ha sido posible comprobar y confirmar los casos en los que no se observó un efecto significativo de las variables independientes sobre las dependientes. Por tanto, el análisis permitió determinar la relación existente entre las variables y la existencia de una correlación o ninguna relación. En virtud de que la estrategia debía permitir comprobar la covariación además de realizar una observación controlada, se aislaron las variables de estudio.

De acuerdo con los conceptos teóricos, los análisis de estructuras de covarianza incorporan variables no observables directamente, llamadas variables latentes, que únicamente pueden ser medidas a través de otras variables directamente observables. En consecuencia, estos modelos incluyen errores de medida que pueden ser cometidos durante la etapa de recolección de datos; por otro lado, además de trabajar con variables latentes, revelan una relación causal. La existencia de relaciones estructurales tiene un significado mayor que la existencia de asociación entre variables; es decir, la existencia de correlaciones no es suficiente para que existan relaciones estructurales causales entre variables.

De otro modo, las estructuras de covarianzas permiten analizar simultáneamente el conjunto de relaciones causales entre las variables que propone el modelo. Además de estimar los efectos directos clásicos entre variables, se puede estimar los efectos indirectos generados por otras variables que intervienen en la relación. Así, utilizando información histórica, con el soporte del análisis multivariante, se ha realizado estimaciones de las relaciones de dependencia representando conceptos no observados; cabe indicar que la aplicación de la metodología de los sistemas blandos ha permitido ratificar las variables involucradas que fueron identificadas intuitivamente. El resultado de este estudio será beneficioso al haber permitido encontrar oportunidades de mejora para tomar acción sobre las variables y mejorar su comportamiento, al modificar las estructuras dinámicas iniciales, expresadas en diagramas causales, y planteando nuevas que mitiguen o resuelvan la situación problemática.

Adicionalmente, se abre un nuevo horizonte de investigación desarrollando modelos de simulación utilizando la metodología de dinámica de sistemas que permite pronosticar el comportamiento de las variables a través del tiempo. Asimismo, el estudio puede servir de complemento al trabajo realizado por los funcionarios del Estado encargados de elaborar políticas para asegurar el abastecimiento de GLP; sin embargo, es una limitación el hecho de que el estudio no contempla la evaluación de los requerimientos para la implantación de las políticas que se diseñen a partir de estos resultados.

El desarrollo de un modelo de ecuaciones estructurales y el análisis de la situación problemática siguiendo la metodología de la dinámica de los sistemas blandos (Soft System Dynamics Methodology) ha permitido una adecuada definición del problema y las situaciones de conflicto o factores críticos que se presentan en el abastecimiento de GLP, así como la identificación de las restricciones, alternativas de solución y la validación del modelo de ecuaciones estructurales encontrado. Como aporte a la investigación, se ha incorporado un análisis de componentes principales, derivado de otra investigación, que utiliza la misma fuente de información con la finalidad de observar si se logra obtener los mismos resultados (o similares) utilizando la misma data o si se presenta diferencias que induzcan a profundizar la investigación.

La tesis está organizada de la siguiente manera:

En el primer capítulo se presenta una breve introducción del tema, en la que se recoge un breve análisis, metodología utilizada en la investigación y los resultados obtenidos a partir de la revisión de las fuentes que permite resumir los antecedentes del tema, el marco conceptual y contextual de la investigación, una breve justificación, la significancia de la metodología de investigación, incluyendo la importancia de la estrategia (proceso) y los resultados más significativos, así como posibles limitaciones de la investigación.

El planteamiento de la investigación es abordado en el segundo capítulo, el cual incluye la justificación, la formulación del problema, las preguntas de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación.

En el tercer capítulo, se aborda la revisión de la literatura, utilizada para conocer, analizar y explicar las definiciones de la seguridad de suministro y su diferencia con la definición de seguridad de abastecimiento, desarrollando el marco teórico conceptual de la investigación. Se presenta, además, el marco teórico de las relaciones causales entre las variables involucradas en la cadena de valor del GLP y el marco teórico de los modelos de ecuaciones estructurales, así como de la metodología de la dinámica de los sistemas blandos.

Se aborda en el cuarto capítulo, algunas investigaciones precedentes que tratan la problemática del abastecimiento de combustibles en diferentes países latinoamericanos, así como el uso de la metodología de los sistemas blandos y la aplicación de la dinámica de sistemas en diferentes casos.

En el quinto capítulo, se explica la metodología, el alcance y el diseño de la investigación; asimismo, se presenta la formulación de las hipótesis, la población y muestra, las variables, métodos e instrumentos utilizados en el estudio, así como el análisis de los datos.

El sexto capítulo presenta una propuesta de modelo como resultado de un análisis confirmatorio previo al desarrollo de una propuesta de un modelo de ecuaciones estructurales obtenida mediante el uso de lenguaje R y otra propuesta, como resultado de haber utilizado el software SPSS versión 23. Asimismo, siendo también parte del análisis multivariante, se realiza una comparación con el resultado obtenido mediante un análisis factorial por extracción de componente principales luego de lo cual se procede a la discusión de los resultados.

En el séptimo capítulo se presenta los aportes de la investigación incluyendo un breve estudio de prospectiva de GLP, a nivel de piloto, realizado por la autora y que, puede ser tomado como punto de partida para una investigación posterior de mayor profundidad.

En el octavo capítulo, se presentan las conclusiones, limitaciones y recomendaciones. Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas y los anexos.

## **Capítulo II: Planteamiento de la investigación**

### **2.1 Justificación de la investigación**

No se tiene memoria desde cuándo la energía se constituyó como un bien de vital importancia para la supervivencia y el desarrollo de los grupos sociales. Por lo tanto, se constituye como un bien que los Estados deben proporcionar y asegurar su disponibilidad. La energía primaria tradicional, derivada de las fuentes fósiles, es una energía no renovable por lo que es también cada vez más escasa y motivo de grandes conflictos en contextos geopolíticos diversos. Ello ha motivado que, en estos días, se desarrollen muchos foros, conversatorios y discusiones sobre la necesidad de cambios en las matrices energéticas y de una transición energética que, poco a poco, va generalizándose en el mundo globalizado.

El Perú, como todos los países del orbe, mantiene una búsqueda permanente de estabilidad energética; pero, sobre todo, de brindar un acceso universal a fuentes de energía a toda su población, especialmente a las comunidades de alta vulnerabilidad y bajos recursos. Por temas de salud pública y aspectos medioambientales, se busca fundamentalmente el reemplazo del carbón, la leña o la bosta, para usos de cocción y calefacción. Para ello, trabaja continuamente en estrategias y mecanismos que permitan contar con otros energéticos como el gas licuado de petróleo, GLP, el cual actualmente se constituye como el combustible de mayor consumo domiciliario y al que se puede acceder con facilidad en regiones de mayor pobreza debido a la forma de presentación en que puede ser entregado (cilindros portátiles de 10 kg). Cabe indicar que se encuentra en marcha el proyecto de masificación de gas natural en siete regiones del país (Apuímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín, Cusco, Puno y Ucayali); sin embargo, este proyecto aún está en etapa de madurez, por lo cual resulta más sencillo subsidiar el precio de los cilindros de GLP y entregarlos dentro del programa que, a su vez, entrega cocinas a las familias de bajos recursos económicos de estas regiones.

Esta preocupación es la que hace que se busque garantizar la disponibilidad de este recurso energético, en particular, por lo que, como lo indica Fernández (2013), “los gobiernos tienen el importante rol de definir políticas que guíen al sector privado a cooperar para lograr los objetivos nacionales propuestos” (p.1). En el Perú, el mayor productor de GLP es un consorcio, compuesto por varias empresas extranjeras (Pluspetrol, Hunt Oil, SK Innovation, Tecpetrol, Repsol y Sonatrach), que ha logrado una integración vertical y, por lo tanto, tiene un impacto directo en la disponibilidad de este energético.

Por otro lado, ante el desabastecimiento de GLP, por diversas circunstancias, los precios de los cilindros de diversa presentación han sufrido alzas dentro de esos contextos, por lo cual el tema es utilizado como instrumento de política por asociaciones gremiales, consumidores, analistas, entre otros, sin que se tome en cuenta los márgenes variables de utilidad que reciben los diversos actores dentro de la cadena de comercialización y que encarecen el producto. Todo esto ocurre dentro del país, considerado como un país en vías de desarrollo, en el que todavía existe un nivel significativo de pobreza, baja calidad de vida y una infraestructura de almacenamiento insuficiente.

La falta de disponibilidad y costos más elevados del GLP, en circunstancias de desabastecimiento, han hecho que su impacto requiera un análisis más profundo y se asocie a la necesidad de un modelamiento de los factores que influyen en este problema de discontinuidad en el abastecimiento.

Fernández (2013) explica que, en la última década, la literatura sobre el uso de energía en los hogares trata con mayor relevancia aspectos de la transición energética, bajo el enfoque de que los hogares deben subir gradualmente en una escalera de energía que se inicia con el uso de combustibles como la leña y el carbón, utilizados mayormente en zonas rurales, cambiando luego hacia el querosene (hoy en día prohibido en el Perú por su asociación con el narcotráfico) y el GLP. La idea es que la parte superior de la escalera corresponda al uso de la electricidad. Sin embargo, indica que no está establecido aún cuáles son los factores que determinan los

impactos de la sustitución, siendo ésta una limitación que podría determinar el inicio de un nuevo aspecto a investigar.

De acuerdo a lo comentarios de los párrafos precedentes, con la finalidad de sustentar el desarrollo de esta investigación es necesario explicar previamente ciertos aspectos relacionados con la comercialización de GLP en el Perú. En principio, esta actividad está a cargo de los productores (refinerías de petróleo y plantas de procesamiento de gas natural) constituidos como comercializadores mayoristas, además de los importadores, plantas envasadoras, distribuidores a granel, estaciones de servicios y/o gasocentros, consumidores directos (restaurantes, hoteles, fábricas, entre otras industrias), locales de venta y distribuidores en cilindro. En la actualidad, siete empresas se encuentran habilitadas en el Registro de Hidrocarburos de Osinergmin (RHO) como productores de GLP y abastecen al mercado nacional con producción propia.

Por otro lado, existen empresas habilitadas como importadores de GLP que se encuentran importando este combustible mayormente de Estados Unidos y, por su cercanía, de Bolivia; debido a que la demanda prácticamente equipara a la producción nacional y, eventualmente, ya la superaba en el 2015 (DPD-GFHL, 2015); esta situación se mantuvo durante el 2018. En general, la demanda de combustibles en el país, en el periodo 2000 – 2010, creció en un 32% y, específicamente, la demanda de GLP casi se triplicó en el mismo periodo. Por ello, este producto se ha convertido en el segundo combustible líquido de mayor importancia, después del Biodiesel DB5 (DPD-GFHL, 2011), situación que se mantiene aun cuando el uso del gas natural vehicular (GNV) ha ido extendiéndose a nivel nacional con más de 272 gasocentros de GNV (Fenosa, 2018; Cálidda, 2018).

En el 2015, la División de Planeamiento y Desarrollo, de la Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos de Osinergmin, emitió un informe situacional sobre la comercialización del GLP en el Perú (DPD - GFHL, 2015); el informe indicó que el 83.8% del GLP producido en el país fue adquirido mediante compra directa a los productores por las plantas envasadoras o por transferencia efectuada desde sus propias empresas.

Cabe anotar que, en relación con los volúmenes de GLP comercializados por las plantas envasadoras, aproximadamente un 60.6% del GLP recibido o ingresado por compras y transferencias entrantes no es reportado como salida por ventas y transferencias salientes; esta cantidad no registrada representa el 52% de la demanda nacional de GLP por lo cual no es posible contar con una trazabilidad real de las transacciones a nivel nacional. A pesar de ello, se estima que, para finales del año 2018, la demanda nacional proyectada, incluyendo las exportaciones, pudo superar los 1,900 miles de barriles, cifra que coincidiría o superaría la capacidad de producción de GLP a nivel nacional. (SCOP - Osinergmin)

En cuanto al indicador de la cantidad mensual que demandan las estaciones de servicio y gasocentros de GLP, Demanda mensual acumulada/Número de estaciones de servicio y gasocentros de GLP, éste ha permitido observar que la cuota promedio por estaciones de servicio y gasocentros de GLP se mantuvo casi constante desde el 2012 hasta finales del 2014, lo que ha permitido inferir que el incremento de la demanda de GLP ha estado alineado al incremento del número de estaciones de servicio y gasocentros.

En relación con la capacidad de almacenamiento de GLP a nivel nacional, al 2016 se contaba con una capacidad instalada de 114.1 miles de toneladas (Reporte SCOP, 2016) y con proyectos de ampliación, dentro de programas de adecuación con plazos que van más allá del 2019, por un total de 11.8 miles de toneladas adicionales (Informe Técnico Legal N° 056 -2011-EM - DGH/PTC). El transporte marítimo de GLP se realiza por buque y, eventualmente, sirve como capacidad de almacenamiento adicional (almacenamiento flotante). (Reporte SCOP, 2016)

La problemática del abastecimiento de GLP se hizo evidente a inicios del segundo semestre del 2010 cuando se produjo un desabastecimiento parcial de GLP, principalmente en Lima, ciudad que se abastece básicamente de GLP que llega por vía marítima desde la planta de Pisco, debido a los fuertes oleajes que impedían que las embarcaciones procedentes de la planta ubicada en el departamento de Ica, puedan descargar y abastecer de GLP a las plantas de dos importantes empresas abastecedoras de este combustible (Repsol Gas y Zeta Gas) ubicadas en

la zona de Ventanilla, departamento de Lima (DPD-GFHL, 2015). Cabe indicar que la Planta de Pisco abastece casi el 83 % de la demanda nacional de este combustible.

En este punto, es oportuno explicar que la planta de fraccionamiento de Pisco procesa los líquidos de gas natural condensado que es producido en dos lotes operados por la empresa Pluspetrol Perú Corporation, el lote 88 y el lote 56, ambos ubicados en Camisea, departamento del Cusco; como se aprecia en la Figura 1, el gas natural producido se transporta hacia la planta de procesamiento de Malvinas desde donde sale un gasoducto de gas natural seco (GNS) y un poliducto que transporta LGN. El GNS, en su trayecto hacia el departamento de Lima, sufre una primera compresión en la estación de Kepashiato (departamento del Cusco) y una segunda, en la estación de Chiquintirca (departamento de Ayacucho) para llegar finalmente al City Gate ubicado en el distrito de Lurín, provincia de Lima, departamento de Lima. Asimismo, desde la estación de Chiquintirca sale una derivación que llega a la planta de licuefacción de Pampa Melchorita (provincia de Chincha, departamento de Lima) desde donde el gas natural licuefactado (GNL) es exportado. El LGN es procesado en la planta de fraccionamiento de Pisco, ubicada en el departamento de Ica, en donde se produce GLP, y, como productos intermedios, Nafta y MDDBS (Medium Distillate for Blending Stock).



Figura 1. Mapa del sistema de transporte de GNS y LGN. Osinergmin (2012)

Cabe mencionar que, con el inicio de operaciones de la planta de fraccionamiento de LGN de Pisco, operada por la empresa Pluspetrol Perú Corporation, la producción de GLP se incrementó en un 21% en el periodo 2009 – 2015; así, el Perú se convertía en un país exportador.

En los primeros meses del 2015, ocurrieron ciertos acontecimientos que afectaron el abastecimiento de GLP, como la rotura del poliducto de líquidos de gas natural que viene desde Camisea, departamento de Cusco (ver Figura 1); el mantenimiento de uno de los pozos de producción de gas natural y, coincidentemente, nuevos periodos de oleaje anómalo que determinaron el cierre de puertos y, por tanto, el impedimento de descarga de GLP de los buques que lo transportaban desde la planta de fraccionamiento de Pisco, hacia los terminales ubicados en el Callao, Lima (GFHL, 2015). Cabe precisar que, cuando se reduce el transporte de LGN también se reduce la de GNS. Por otro lado, si se produce algún problema en los pozos de producción de gas natural o entran en mantenimiento, también se reduce la producción y transporte de GNS y LGN. En cuanto a la ocurrencia de oleaje anómalo que determina el cierre de puertos, ésta impide la carga de GLP en el terminal de la planta en Pisco y la descarga en los terminales de Ventanilla y el Callao. De igual forma, al impedir la carga de GNL en el terminal de la planta de Melchorita, se restringe la exportación lo cual restringe también la producción de GNL afectando aguas arriba la producción de gas natural y, en consecuencia, la producción y el transporte de GNS y LGN.

Esta secuencia de hechos demostró que la obligación normativa de contar con inventarios correspondientes a las existencias mínimas de seguridad de GLP no garantiza el abastecimiento de este combustible a nivel nacional, por lo cual se hace necesario identificar eventos peligrosos y los riesgos de su materialización, así como las acciones que ayuden a afrontar posibles situaciones futuras, similares a las ya mencionadas.

En este orden de ideas, en octubre del 2017, el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Hidrocarburos, en virtud de la imposibilidad de los agentes obligados de cumplir con lo dispuesto en el artículo 8 del Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo, aprobado por Decreto Supremo N° 01-94-EM, debido a problemas

logísticos derivados de los constantes cierres de puertos y limitada capacidad de almacenamiento, consideró conveniente modificar el alcance de la exoneración de la aplicación de lo dispuesto por el mencionado artículo, práctica que ha venido repitiéndose cada vez que el normal abastecimiento de GLP se ve interrumpido (MEM, 2017). Sin embargo, como es evidente, la exoneración periódica de la supervisión de este cumplimiento se trata solo de una solución temporal.

En el tiempo, el desabastecimiento de GLP ha generado muchos conflictos sociales, principalmente por los usuarios de GLP vehicular que, en su mayoría, corresponde a vehículos de servicio público (taxis); por lo tanto, la investigación encuentra su sustento en el análisis de esta problemática al no existir un estudio sistémico sobre el mercado peruano de GLP. Diversos analistas y representantes gremiales aducen razones de capacidad insuficiente de almacenamiento, capacidad de producción, incorporación de reservas de gas natural, precios, entre otros; luego, es necesario visualizar diferentes escenarios que contemplen un sistema de abastecimiento dentro del marco jurídico vigente con la posibilidad de generar propuestas de nuevos dispositivos legales que llenen los vacíos de las normas actuales.

Estos escenarios deben permitir observar la existencia de un cierto grado de equilibrio entre la demanda de GLP y su producción, a partir de la refinación del petróleo o del procesamiento de líquidos de gas natural.

En este contexto, el Perú, como país consumidor tiene como principal dimensión de seguridad energética, la seguridad de abastecimiento de GLP o gas natural para la región sur del país, dándole un contenido geopolítico, entendiéndose que contará con la disponibilidad de tales energéticos gracias a una oferta apropiada y a precios aceptables. Por tanto, en virtud de ello, la seguridad de abastecimiento de GLP satisfará el concepto psicológico de seguridad, que es también un sentimiento de carácter subjetivo.

Otro aspecto por analizar, en virtud de la idiosincrasia del poblador del sur peruano, es el de la inseguridad energética, la cual considera la existencia de un componente social dado que el aumento de precios de los cilindros de GLP genera demandas sociales por parte de las

regiones de mayor pobreza y vulnerabilidad, por estar sometidos a climas muy fríos demandando energía para su supervivencia y la de sus animales, sobre todo en periodos de friaje y heladas, problema que el Estado no es capaz aún de resolver. El desestimar estas demandas sociales ya ha sido motivo de muchos conflictos en el pasado y en la época actual, más cuando los pobladores del Cusco reclaman que siendo el departamento productor de gas natural no reciben los beneficios que se generan a partir de este recurso.

Hay pocas investigaciones realizadas en el Perú respecto del abastecimiento de GLP y se centran en el análisis de la matriz energética, el desabastecimiento de las plantas de envasado o de los gasocentros de GLP vehicular, de las políticas establecidas por el Estado, la política de precios y de las fuentes de suministro; sin embargo, no se ha identificado estudios que realicen un análisis de las causas o de la interrelación entre los diferentes factores que pueden afectar el abastecimiento normal de este combustible.

Otra justificación para la realización de este estudio es que contribuye con la aplicación de una combinación de la metodología de los sistemas blandos para la identificación de las principales variables involucradas en la problemática del abastecimiento de GLP con el desarrollo de modelos estructurales a partir de los cuales es posible establecer el grado de correlación o causalidad entre ellas, así como sus respectivos pesos, los que podrían ser determinantes en la identificación de los factores que causan un impacto significativo sobre el abastecimiento de este combustible. Conocidos los mayores pesos sobre las variables, será posible establecer alternativas de solución enfocadas en minimizar los impactos generados, haciendo posible una optimización en el uso de recursos públicos y privados; para ello, se cuenta con información histórica que permite el desarrollo de la investigación.

Otro sustento es la demostración de que también es posible desarrollar modelos de ecuaciones estructurales con información real de las variables involucradas, considerando que usualmente los modelos de ecuaciones estructurales se desarrollan a partir de datos obtenidos de cuestionarios y encuestas; de esta manera, con el transcurrir de los años, al ir incorporando los datos correspondientes a cada año transcurrido, el modelo puede ir ajustándose así como las soluciones alternativas que genere.

La cantidad de referencias científicas y publicaciones de las agencias internacionales de energía que tratan el tema de la seguridad energética, así como el número de estudios que presentan diseños de modelos de simulación, utilizando software con bases científicas y matemáticas para representar comportamientos de los principales combustibles utilizados en sus países, es indicativo de la preocupación de las naciones por la confiabilidad y facilidad de acceso al suministro de energéticos. En esa línea, el estudio contribuirá al estado del arte sobre la problemática del abastecimiento de GLP en el mercado peruano presentando un estudio de modelamiento multivariante no realizado aún en el país.

Por otro lado, la novedad de la investigación abrirá la posibilidad de extender estudios similares que combinen diversas metodologías que enriquezcan y permitan un mayor análisis de diversas problemáticas como es el caso de la masificación del gas natural en el Perú, la cual todavía no es conseguida a pesar de los esfuerzos de varios gobiernos para conseguirla.

## **2.2 Problema de la investigación**

Para sustentar la necesidad de realizar esta investigación se ha tomado en consideración dos hechos importantes; el primero, ocurrido en julio del 2010, cuando se generó un desabastecimiento parcial de GLP, principalmente en Lima (Perú), debido a los fuertes oleajes que impedían que las embarcaciones puedan abastecer de GLP a las plantas de dos importantes empresas abastecedoras de este combustible.

El segundo hecho de importancia ocurrió durante los primeros meses del 2015, en los que acontecimientos relacionados al abastecimiento de GLP como la rotura del ducto de Líquidos de Gas Natural que viene desde Camisea (Cusco) hacia la planta de fraccionamiento de Pisco (Ica) que redujo la producción de GLP; operaciones de mantenimiento en uno de los pozos de producción de gas natural condensado; la existencia de periodos de oleaje anómalo que determinaron cierre de puertos e impidieron la carga y descarga de GLP de los buques que lo transportan desde la planta de fraccionamiento de Pisco hacia los terminales ubicados en el

Callao (Lima); demostraron que la capacidad de almacenamiento existente en las plantas de abastecimiento y la obligación de mantener existencias medias y mínimas de seguridad de GLP no son factores suficientes para garantizar el abastecimiento de este combustible, a nivel nacional, por lo cual se hace necesario identificar acciones que ayuden a resolver este problema.

La seguridad de abastecimiento de combustibles y, en particular para el Perú, el abastecimiento de GLP es un asunto de carácter político y socio económico que mueve intereses de agentes económicos, de personajes en busca de réditos políticos y de la ciudadanía que busca contar con un combustible de fácil acceso y a precios asequibles, de tal forma que la problemática del abastecimiento de este combustible de uso residencial, comercial, industrial y vehicular, principalmente, genera conflictos sociales que motivan la investigación de su cadena de valor identificando la contribución de cada variable involucrada en la situación problemática.

Como resultado del análisis situacional del GLP, se podrá identificar modelos aplicables para resolver la situación problemática y responder a la pregunta,

*¿Cuál es el modelo viable de largo plazo, que conduce a la mejora en el comportamiento de las variables, que ayude a resolver el problema de abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP)?*

### **2.3 Preguntas de investigación**

A continuación, se exponen las principales interrogantes con las que se intenta dar respuesta o solución al problema científico:

- a) La metodología de los sistemas blandos ¿es capaz de identificar los factores apropiados para desarrollar un modelo de ecuaciones estructurales?
- b) Un modelo de ecuaciones estructurales ¿permite ponderar cada uno de los factores identificados que afectan el abastecimiento de GLP, a nivel nacional?

- c) Definido el problema, ¿cuál es la estructura dinámica que explica el comportamiento real de las variables involucradas en el abastecimiento de GLP?

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 Objetivo General**

El propósito principal de esta investigación es:

Proponer un modelo de ecuaciones estructurales que identifique los factores cuyas cargas muestren su grado de afectación sobre el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

### **2.4.2 Objetivos Específicos**

Como resultado del desagregado del objetivo general, se plantean los siguientes pasos intermedios a ejecutar para concretar los logros específicos:

- i. Desarrollar un análisis causal intuitivo de los factores involucrados en el abastecimiento de GLP.
- ii. Aplicar la metodología de la dinámica de los sistemas blandos para validar los factores identificados en el análisis causal intuitivo.
- iii. Desarrollar un modelo de ecuaciones estructurales a partir de los factores identificados como intervinientes en el abastecimiento de GLP y obtener las cargas de los factores que mantienen una relación con el modelo que describe el comportamiento del abastecimiento de GLP.

## Capítulo III: Marco teórico

### 3.1 Marco teórico de la Seguridad de Suministro

Ante la creciente demanda de energía, el avance tecnológico ha entregado un amplio rango de posibilidades de suministro de energía de diversas fuentes como son, los recursos no renovables como el petróleo y el gas natural convencionales además del carbón; los recursos no convencionales como el shale gas, tail oil, petróleo pesado, entre otros; las energías renovables como la eólica, fotovoltaica, hidráulica y la energía nuclear. Estas fuentes probablemente estarán vigentes sobre los próximos 25 años (Exxon Mobil, 2017), siendo el petróleo la fuente principal para la producción de productos químicos y combustibles; y, el gas natural mayormente utilizado para la generación eléctrica buscando desarrollar servicios usando combustibles que generen menores emisiones.

Por otro lado, recientemente, a nivel mundial ha habido muchos cambios en los sistemas de abastecimiento de energía, con un aumento significativo en la producción de petróleo y gas natural desde los campos de recursos no convencionales de Estados Unidos afrontando y contrarrestando las limitaciones y escasez que prevalecía por la década del 70.

En este punto, es apropiado explicar la evolución y uso de los términos “seguridad energética”, “seguridad de suministro” y “seguridad de abastecimiento”. Usualmente cuando se habla de reservas de seguridad, de existencias medias o de existencias mínimas de seguridad, se piensa en seguridad energética; este término, usado comúnmente presenta diferentes significados según el contexto. Ello ha puesto de manifiesto la multiplicidad de criterios y enfoques provocando diversidad conceptual y, en ocasiones, diferencias de opinión entre los

analistas e investigadores. Debido a ello, se desarrolla un breve estudio sobre las definiciones a fin de poder enmarcarnos con la definición que sea la más apropiada para el Perú.

Una de las primeras definiciones de seguridad energética fue establecida por la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 1985: p.9), al referirse a ella como “un suministro adecuado de energía a un precio razonable”. Posteriormente, la agencia ha ido desarrollando otras definiciones como la que concibe a la seguridad energética en términos de “disponibilidad física de suministros para satisfacer la demanda a un precio dado” (IEA, 2001: p.76). Seis años después, la IEA (2007a: p.160-1) sostuvo que “seguridad energética, definida en términos generales, significa suministros de energía adecuados, asequibles y fiables”. En esta definición, se añade la perspectiva de precios “competitivos o no demasiado volátiles”.

Ya en el 2014, la EIA (2014: p.13) la define como “la disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía a un precio asequible”. De tal forma que, la indisponibilidad es relacionada con los impactos socio económicos negativos que se derivan de ella o la generación de precios no competitivos en un mercado muy volátil.

Cronológicamente, tras las primeras definiciones de la IEA (1985) y la Comisión Europea (1990), en una noción ampliada de seguridad de suministro de Martin, W. F., Imai, R. y Steeg, H. (1996: p.4; en Berrah, N., Feng, F., Priddle, R. y Wang, L., 2007) se observa tres elementos básicos que componen la seguridad energética:

El primero implica limitar la vulnerabilidad de interrupción dada la creciente dependencia del petróleo importado de un Oriente Medio inestable. El segundo gran aspecto es, a lo largo del tiempo, la provisión de un suministro adecuado para una creciente demanda a precios razonables (en la práctica, el funcionamiento razonablemente tranquilo del sistema energético internacional en el tiempo). El tercer aspecto de la seguridad energética es el reto medioambiental relacionado con la energía (para funcionar dentro de las restricciones de un desarrollo sostenible) (p.4)

Bohi y Toman (1996: p.1), desde una perspectiva más económica, consideran que “la seguridad energética se refiere a la pérdida de bienestar económico que puede ocurrir como resultado de un cambio en el precio o la disponibilidad de energía”. Por otro lado, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2000: p.113) define la seguridad energética como “la disponibilidad continua de energía en diversas formas, en cantidades suficientes y a precios razonables”. La definición adoptada por Van der Linde, C., Amineh, M. P., Correljé, A., De Jong, D. y Hansen, S. (2004: p.37) es muy parecida a la promulgada por el PNUD en el año 2000, ya que define la seguridad energética como “la disponibilidad permanente de energía en diversas formas, en cantidades suficientes y a precios razonables y/o asequibles”.

Abraham (2004), sostiene que, bajo la perspectiva de Estados Unidos, la seguridad energética va más allá de asegurar abastecimientos a corto plazo. Sin embargo, Van de Wyngard (2006) opina que el término seguridad energética puede interpretarse de diferentes maneras dando lugar a diversas líneas de acción como el pretender lograr seguridad de abastecimiento energético para el país, a todo riesgo, independientemente de los eventos que se enfrenten en el suministro por terceros o, pretender lograr independencia energética autoabasteciéndose con recursos propios que eliminen los riesgos de la dependencia del exterior. Adicionalmente, es conocido que todo abastecimiento de energía destinado a un proceso productivo o de servicios está sometido a un conjunto de riesgos que pueden originarse en su lugar de producción o en el transporte hacia los lugares de utilización.

De acuerdo con el párrafo precedente, es necesario incorporar el concepto de riesgo en esta investigación. Así, se ha identificado riesgos en la interrupción del abastecimiento del energético (por ejemplo, gas, petróleo o GLP) que puede originarse tanto en la fuente (la extracción, producción en el pozo o en la etapa de procesamiento) como en su medio de transporte (el ducto o el buque), y son diversos los eventos que pueden originarlo. El desafío está en elegir una serie de proveedores que permitan lograr un balance diversificado de energéticos y de ubicaciones geográficas; de igual forma, de medios de transporte que permitan equilibrar niveles mínimos de seguridad con costos adecuados. Este concepto es también contemplado en el desarrollo de esta investigación.

Escribano (2006) considera que la dimensión principal de seguridad energética para los países consumidores es la de abastecimiento, dándole un contenido fundamentalmente geopolítico; por lo tanto, la define como la disponibilidad de una oferta adecuada de energía a precios que puedan o quieran ser asumidos por los compradores. Sin embargo, no queda claro qué significa tener una oferta “adecuada” y cuán “asumibles” podrían ser esos precios para generar seguridad energética. Bajo este marco, señala que la seguridad de abastecimiento abarca dos conceptos diferentes: el hecho económico de una cierta cantidad de hidrocarburos suministrada a un precio determinado y el concepto psicológico de seguridad que encierra un sentimiento basado en una percepción y, por ende, tiene un carácter subjetivo. Sostiene además que hay otras dimensiones importantes de la seguridad energética que se suele obviar, como la seguridad de las instalaciones ante posibles accidentes, ataques bélicos o terroristas, la seguridad medioambiental o la seguridad social.

Cabe resaltar que se utiliza mayormente el término “seguridad energética” referido a la seguridad de abastecimiento (Kruyt, Bert, D.P. van Vuuren, H.J.M. de Vries, H. Groenenberg, 2009; Löschel, Andreas, John Johnston, Mark A. Delucchi, Trevor N. Demayo, Donald L. Gautier, David L. Greene, Joan Ogden, Steve Rayner, and Ernst Worrell, 2010), siendo que el primero es el marco general que abarca tanto a importadores (demandantes) como exportadores (ofertantes), mientras que se considera a la seguridad de abastecimiento como un subtipo de la seguridad energética. Los analistas tratan a la seguridad de abastecimiento energético bajo el punto de vista del corto y del largo plazo (IEA, 2007a; Checchi, A., Behrens, A., Egenhofer, C. y Centre for European Policy Studies, 2009; Kruyt et al., 2009). En el corto plazo, la seguridad se orienta a la reducción de las potenciales interrupciones de suministro (Kruyt et al., 2009), pero también en torno a la respuesta ante una potencial escasez de energía. La estrategia tendría que basarse en la sustitución de los flujos de suministro, el uso de capacidad ociosa de los productores (si es que se tuviera) y de las reservas de emergencia (existencias mínimas de seguridad, en el caso peruano) o las medidas coyunturales para regular la demanda.

El objetivo es tratar de reducir el impacto de una interrupción cubriendo una oferta insuficiente en donde sea más necesario (IEA, 2001) y/o restringir el consumo para mitigar la magnitud de la escasez física de energía (IEA, 2007a), algo de difícil aplicación principalmente

en el Perú, donde se generan de manera inmediata fuentes de conflicto debido a que el 70.4% del parque automotor, principalmente de transporte público, utiliza el GLP vehicular (Bedón, 2014).

Por otro lado, la seguridad de abastecimiento en el largo plazo se orienta a asegurar la disponibilidad de flujos de energía suficiente y compatible con un desarrollo económico estable y sostenido. La estrategia contempla el aumento de la eficiencia energética, la disminución de la vulnerabilidad, la diversificación de fuentes primarias y secundarias, y de proveedores, mediante el uso de otras fuentes energéticas alternativas y nuevos proveedores, así también el desarrollo de medios alternativos para el transporte y el aumento de las interconexiones de las redes energéticas existentes. En este contexto, la Comisión Europea (European Commission, 1990a: p.16; en Berrah et al., 2007) estableció:

La seguridad de suministro significa la capacidad de asegurar que las necesidades energéticas básicas futuras pueden ser cubiertas, tanto por medio de unos recursos domésticos adecuados producidos bajo condiciones aceptables económicamente o conservados como reservas estratégicas, así como recurriendo a fuentes externas accesibles y estables, complementadas con las reservas estratégicas, cuando sea apropiado (p.16)

Ruiz (2013) reflexiona sobre la seguridad energética en Europa considerando que los recursos energéticos insuficientes de los países integrantes de la Unión Europea los obliga a ser dependientes; sin embargo, el hecho de que en la zona euroasiática se encuentren grandes reservas probadas de gas, de alguna manera, les garantiza una seguridad energética tomando en cuenta que también deben velar por su seguridad global considerando los niveles de conflictividad sociopolítica y de inestabilidad de la región. En esta reflexión, incluye aspectos considerados como factores en esta investigación, como son las reservas probadas de gas que, tienen desigual distribución entre los países de la región; la explotación de las reservas y, por lo tanto, de la producción; el consumo que, en este caso se ha tomado como la demanda; y, la infraestructura de transporte por gasoducto, cuya extensión supera en gran medida la existente en el Perú.

Es así como, Ruiz (2013) explica la necesidad de los países europeos de formular una política energética que establezca que todos los miembros de la Unión deban contar por lo menos con dos fuentes de provisión de energía diferentes con la finalidad de reducir los riesgos de falla de una de las fuentes, minimizando el impacto que esto genera y haciendo asumible el riesgo. Para ello, se hace necesario reforzar las interconexiones internas y reducir así, la interdependencia de un solo proveedor. Sin embargo, esto también los obliga a evaluar y tomar en cuenta el rol que juegan los países de tránsito.

Izquierdo (2016), explica que la base jurídica de la Política Energética de la Unión Europea ha sido recogida en el Artículo 194 del *Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea*, en el que se señala como objetivos, garantizar el funcionamiento del mercado de la energía y la seguridad del abastecimiento energético en la Unión, así como fomentar la eficiencia energética, el ahorro energético, el desarrollo de energías nuevas y renovables y la interconexión de las redes energéticas. En relación con la seguridad del suministro o seguridad energética, el Consejo Europeo ha aprobado medidas orientadas tanto para reducir la dependencia energética de la Unión Europea como para aumentar la seguridad del suministro de electricidad y gas.

Una propuesta, de corte más económico y centrada en el corto plazo, es la definición de Barton, B., Redgewell, C., Ronne, A. y Zillman, D. N. (2004), que establece que la seguridad de abastecimiento es “una condición en la cual una nación y todos o la mayoría de sus ciudadanos y empresarios tienen acceso a recursos energéticos suficientes a precios razonables en el futuro inmediato, libre de riesgos severos de una interrupción grave de los servicios” (p.78).

Para Chevalier (2006), la seguridad de abastecimiento “es un flujo de suministro energético que cubre la demanda en un modo y a un nivel de precios que no interrumpe el curso de la economía de manera sostenible para el medio ambiente” (Chevalier, 2006: p.2); Le Coq y Paltseva (2009: p.4474-5) sintetizan la definición de seguridad de abastecimiento como la

“continua disponibilidad de energía a precios asequibles” y, en otras palabras, como la “disponibilidad de los volúmenes de energía demandada a un precio razonable”.

De otro lado, Jansen y Seebregts (2010) definen la seguridad de abastecimiento energético a largo plazo en términos del mercado de fuentes fósiles y productos derivados. Consideran que este concepto puede definirse bajo dos perspectivas, la de los impactos socio políticos relativos a la exportación de combustibles fósiles y del análisis de la seguridad bajo el enfoque de la demanda; sin embargo, el concepto de seguridad de los servicios de energía es propuesto con un enfoque del lado de la demanda, por lo cual sostienen que corresponde al nivel de seguridad al cual la población en un área determinada tiene acceso a combustibles fósiles y a productos energéticos basados en combustibles fósiles sin interrupciones, libre de una exposición excesiva al poder de mercado por el lado de la oferta, sobre un periodo venidero de diez o más años. Esta definición es algo más original, ya que se refiere al abastecimiento a largo plazo de energía primaria y secundaria.

Simmons (2008), en la conferencia que dictó el 3 de junio de 2008 con motivo de la inauguración del XIX Programa de Magíster en Estudios Internacionales del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile, mencionó que una definición tradicional de “seguridad energética” se centra en alcanzar una diversidad de proveedores y fuentes de energía; sin embargo, los políticos de Estados Unidos la definen de manera algo diferente. En efecto, para ellos se trata de evitar a cualquier costo dos situaciones: los apagones y las colas para comprar gasolina para los autos.

Las situaciones antes descritas significan una pérdida política muy grande, por lo cual se requiere contar con una perspectiva más amplia. La seguridad energética a largo plazo induce a considerar un mayor conjunto de medidas, como reducir la dependencia de cualquier fuente única de energía importada; aumentar el número y tipo de proveedores; explotar fuentes locales, incluyendo fuentes de energía renovables, tanto tradicionales como no tradicionales y, requiere también que se reduzca la demanda mediante medidas centradas en la eficiencia y en la conservación.

En las investigaciones de Muñoz (2012: p.118) se encuentran algunas de las críticas vertidas sobre la definición del término que se refieren a la ambigüedad (Marín, Velasco y Muñoz, 2009b: p.8), la omisión o falta de precisión de las distintas dimensiones de la seguridad energética, la vaguedad (Löschel et al., 2010: p.1665 y 1670), la poca claridad (Frondel y Schmidt, 2008: p.4), la subjetividad o la falta de operatividad del concepto (Escribano, 2006: p.3). Como consecuencia, la seguridad energética permanece como un concepto impreciso.

Kruyt et al. (2009: p.2166) explican esa falta de concreción por el hecho de que la seguridad energética depende del contexto dado que es un concepto multidimensional, en el que se interrelacionan cuestiones técnicas, económicas, sociales, medioambientales y geopolíticas (Escribano y García-Verdugo, 2012: p.26). Además, esas interrelaciones se producen tanto a nivel doméstico como internacional, habida cuenta que la distribución geográfica de los hidrocarburos deriva en unas relaciones energéticas internacionales que puede entenderse como un sistema complejo de países productores, consumidores y de tránsito, todos ellos interdependientes.

Muñoz (2012: p.119) encuentra que la noción de seguridad energética es diferente dependiendo de los actores (países e individuos) y los diferentes momentos en el tiempo (Alhajji, 2007), aunque estos distintos enfoques se superponen y coexisten (Belyi, 2007: p.104). Por lo tanto, Muñoz afirma que tanto el contexto histórico como el papel que cada país juega en el sistema energético internacional, influyen en la perspectiva de la seguridad energética.

Por otro lado, las distintas crisis del petróleo han resaltado la dependencia y vulnerabilidad de los países importadores, particularmente respecto de la OPEP. Por ello, la noción más extendida en la literatura es la de “seguridad de abastecimiento energético”, y es la que se analiza en el trabajo de Muñoz, al tener como objeto de estudio la Unión Europea, importadora neta de hidrocarburos, siendo una visión desde el punto de vista del consumidor-importador (lado del demandante), el cual también es tomado en cuenta en esta investigación, centrada en un commodity como es el GLP, entendiéndose como tal por el hecho de ser uniforme ya sea que sea producido en el país u en otro; asimismo, a pesar que su precio puede variar

debido a diferencias en los costos de transporte, composición y procedencia (lugar de origen o proceder de la refinación de petróleo o del procesamiento de gas natural).

Cabe indicar que los commodities como el petróleo y combustibles como el GLP, pueden ser intercambiados en mercados en tiempo real (mercados spot) o en mercados de futuros en los que se firman contratos para comprar o vender a cierto precio en un momento acordado en el futuro, implicando que puede haber fluctuaciones en los precios en el tiempo.

De la revisión de la literatura, se observa que pocas veces se ha tratado la seguridad energética desde el punto de vista del productor, sin embargo, en muchos casos los exportadores presentan una dependencia muy elevada de los ingresos procedentes de la energía (caso de Venezuela, Nigeria, entre otros) y, por lo tanto, es vital para el desarrollo de sus economías. La seguridad energética para los exportadores, por tanto, pasa por asegurar las transacciones y el transporte de la energía y, en consecuencia, los beneficios derivados de la actividad. Una forma de diversificar sus riesgos podría ser ampliando su cartera de clientes.

Por lo tanto, Muñoz (2012: p.119) sostiene que se podría hablar de una seguridad atribuible al oferente (a los productores-exportadores). García-Verdugo y San Martín (García-Verdugo y San Martín, 2009a) proponen denominarla “seguridad de la producción o la exportación energética”. Sin embargo, parecería ser más preciso hablar de seguridad de la demanda energética.

Respecto de la seguridad de abastecimiento energético, el trabajo de Muñoz (2012) explica que el concepto de seguridad de abastecimiento energético tiene su origen en las economías desarrolladas que empezaron a importar petróleo. Por ello, buena parte de las definiciones que se mencionan en su investigación hablan de seguridad energética, entendiéndose que se trata de seguridad de abastecimiento energético. Esto implica que esta noción podría no responder a las particularidades del caso peruano o a la perspectiva de los países exportadores, como el caso venezolano.

Es importante destacar, que el concepto de seguridad energética ha sufrido modificaciones en el tiempo. En un inicio, la preocupación básica de las grandes potencias se centró en la seguridad del suministro para uso militar. Así, durante el siglo XIX, la marina de los Estados Unidos sustituyó el carbón por petróleo como combustible para sus buques de guerra, siendo éste el origen de la preocupación por la seguridad energética, en ese caso, del petróleo. En ese entonces, la respuesta estadounidense para garantizar la continuidad del suministro, en caso de que se produjera una interrupción de éste, fue la creación de las Reservas de Petróleo Navales (Bohi y Toman, 1996).

Análogamente en Europa, antes de iniciarse la I Guerra Mundial, Winston Churchill decidió cambiar el carbón por petróleo como combustible para los barcos británicos, con la finalidad de ganar en velocidad a los barcos alemanes. Sin embargo, ese cambio también implicó que la Royal Navy pasase de depender del carbón procedente de Gales al petróleo de la entonces Persia (hoy, Irán). En consecuencia, se añadieron unos riesgos geopolíticos al abastecimiento y la seguridad energética pasó a ser considerada una cuestión de estrategia nacional (Yergin, 2006).

Posteriormente, la preocupación por la seguridad energética fue cambiando de la disponibilidad de petróleo para fines militares a la orientada en la economía de los países. Así, el primer análisis oficial sobre la seguridad energética fue proporcionado en el Gabinete del Grupo de Trabajo sobre Control de las Importaciones de Petróleo de 1970, donde se centra la preocupación en la seguridad económica (Bohi y Toman, 1996). Entonces, siendo que la mayoría de las alusiones a la seguridad de suministro estaban referidas a la dependencia de las importaciones del petróleo después se amplió su interpretación al incluir cuestiones relativas a la vulnerabilidad. Esta preocupación por la dependencia llevó, por ejemplo, a la aplicación de cuotas a la importación de petróleo por parte de Estados Unidos entre 1959 y 1973.

Las teorías del Pico petrolero o Peak oil, objeto de un controvertido debate y relacionado a la Teoría del pico de Hubbert, que se refiere al momento en el que se alcanza la tasa máxima de extracción, es decir, el punto a partir del cual la tasa de producción empieza a decrecer (bien a escala nacional, regional o mundial) señala que la tasa de producción de petróleo (o de otros

recursos fósiles) tendería a representar una curva en forma de campana en cuyo primer tramo, crece la tasa de producción y, una vez alcanzado el punto máximo, la producción comienza a declinar por el agotamiento de los recursos.

Las previsiones pesimistas sobre la posible declinación de los recursos han generado un mayor interés por la seguridad de abastecimiento a largo plazo desde que, en el Perú, tenemos campos maduros en declinación y la falta de inversiones en exploración acrecientan la preocupación por la seguridad de abastecimiento de derivados como los combustibles y GLP, principalmente, porque en este último caso prácticamente sólo se depende del yacimiento de gas natural condensado de Camisea, Cusco.

Antes de la crisis de 1973, la seguridad energética pasaba por asegurar el suministro de los países importadores, pero no existía la preocupación por los precios del petróleo que luego aparecería con dicha crisis. Entonces se combinaron las preocupaciones por la provisión de las cantidades y los precios del petróleo a corto plazo. Así, con la crisis del petróleo 1973-1974, se hizo necesario incrementar la seguridad energética, lo cual se tomó como un objetivo de la IEA (2014).

La IEA fue creada en 1974, como un organismo independiente dentro de la OCDE, tras el embargo de crudo de los exportadores árabes. Actualmente tiene 29 países miembros, siendo miembro también, la Unión Europea. Su objetivo es garantizar la seguridad de suministro energético con una obligación de reservas estratégicas equivalente a un mínimo de 90 días de importaciones netas. Para ello, cuenta con un programa que establece que, en caso de crisis internacionales, el suministro se garantiza mediante medidas comunes para restringir la demanda y acciones conjuntas para el uso solidario de las reservas de petróleo disponibles. Asimismo, busca establecer un sistema de información sobre el mercado internacional de petróleo, implementar un programa de cooperación a largo plazo para reducir la dependencia de las importaciones de petróleo y promover las relaciones de cooperación con los países productores y con otros países consumidores.

De esta manera, la Directiva 2006/67/CE establece básicamente que el abastecimiento del petróleo y sus derivados es de gran importancia para la Comunidad Europea (CE); por tanto, eventuales problemas temporales de suministro o un incremento significativo de precios en los mercados internacionales podría afectar su actividad económica de manera que es necesario encontrarse preparados para compensar o atenuar el impacto generado si se presentasen. La Directiva establece además que, ante dificultades de suministro, los Estados miembros podrán disponer de las reservas por lo cual deberán contar con los mecanismos legales que les permitan asumir el control de ellas ante la eventualidad; inclusive, la Directiva contempla la posibilidad de contar con un organismo u organización que se encargue de la administración y mantenimiento de las reservas.

En este contexto, la idea de la independencia energética, inicialmente, resultaba impracticable para la mayoría de los países (por la limitación de la disponibilidad de recursos propios, la ineficiencia y elevados costos), por lo que la seguridad se orientó a limitar la vulnerabilidad económica de las importaciones del petróleo. Esto permitiría nuevas estrategias de política energética, como las reservas estratégicas de petróleo que llevó al establecimiento de la Directiva mencionada en el párrafo precedente, así como el desarrollo de nuevas tecnologías.

Por otro lado, Estados Unidos y Reino Unido fueron pioneros en la desregulación de sus sectores energéticos consolidándose las ideas de libre mercado en las economías occidentales. Con el tiempo, comenzaron a recibir más atención otros sectores, como el del gas natural, recursos renovables y todo el conjunto del sistema, por lo que la noción de seguridad energética se ha ampliado en la actualidad.

Pasada la Guerra del Golfo de 1991, hubo una década con poco interés en la seguridad del petróleo, sin embargo, años más tarde volvió el interés por este energético (Van der Linde et al., 2004: p.45). En los años posteriores a los atentados del 11 de septiembre de 2001, la atención internacional se centró en el terrorismo e Irak, pero a mediados de la década de 2000, muchos analistas y diplomáticos coincidieron en indicar que la seguridad energética era el asunto más importante en las relaciones internacionales (Youngs, 2009: p.1). Así, un informe especial del Financial Times de 2007 señalaba que “la seguridad energética, un asunto muerto

en los noventa, ha surgido como una preocupación apremiante para gobiernos y empresas” (Financial Times, 2007: p.2).

En definitiva, en la primera década del siglo XXI, la geopolítica del petróleo y el gas ha aparecido con intensidad en la agenda política internacional (Youngs, 2009) y la seguridad energética se ha posicionado como uno de los asuntos de máxima actualidad internacional.

La introducción del concepto de desarrollo sostenible en el desarrollo económico y una creciente preocupación por las cuestiones medioambientales, han terminado por influir en la seguridad energética al vincularse a un uso excesivo de los combustibles fósiles. Esto ha llevado a que algunos hayan incluido el aspecto de la sostenibilidad en el concepto de seguridad energética.

Bajo la perspectiva del consumidor y siguiendo la línea de trabajo de Muñoz (2012: p.123-4), se procede a revisar las principales definiciones de “seguridad de abastecimiento” o “seguridad energética”, con la finalidad de llegar a una definición de seguridad de abastecimiento energético que se ajuste al caso peruano.

El Centro de Investigación Energética Asia Pacífico (APERC, por sus siglas en inglés, 2007: p.6) define seguridad energética como “la capacidad de una economía para garantizar la disponibilidad del suministro de recursos energéticos de modo sostenible y oportuno, con un nivel de precios de la energía que no afectará adversamente al rendimiento económico de la economía”. Además, APERC descompone el concepto, identificando cuatro dimensiones o elementos fundamentales de la seguridad de abastecimiento energético, y que denomina las cuatro “Aes” (APERC, 2007; Kruyt et al., 2009).

La primera dimensión es Availability; es decir, la disponibilidad absoluta o existencia física de energía (se dirige a las energías fósiles, por ser finitas), por lo que alude a elementos relativos a la existencia geológica de recursos. La segunda dimensión es Accessibility, lo que quiere decir el desajuste espacial entre consumo y producción de recursos energéticos, lo que tiene implicaciones de carácter geopolítico, de cara al acceso a dichos recursos. Los dos

primeros elementos se refieren a la seguridad física. La tercera dimensión, Affordability, corresponde al elemento relativo al costo de la energía, por lo que descansa en la vertiente más puramente económica de la seguridad energética. Por último, la cuarta dimensión es el Acceptability que se inscribe en el marco de la sensibilidad medioambiental (se refiere a la disponibilidad de arenas bituminosas o bioenergía).

Gazprom, un proveedor de gas natural, interpreta el concepto de seguridad de abastecimiento de gas reconociendo cierta dificultad para definirla por considerarlo un concepto multidimensional; sin embargo, identifica tres aspectos de especial importancia: “la disponibilidad de recursos y de infraestructuras (existencia física de recursos suficientes, [y] existencia de infraestructuras adecuadas para llevar los recursos al mercado); disponibilidad económica (asequibilidad de suministros, acuerdos contractuales en orden (incluyendo tránsito)); continuidad de abastecimiento ([ausencia de] interrupciones a corto plazo accidentales (causa natural/técnica), interrupciones deliberadas del suministro)” (Belyi, 2007: p.93).

Mientras que Löschel et al. (2010: p.1666), en la misma línea de Bohi y Toman, sostienen que “existe seguridad energética si el sector energético no causa (grandes) fricciones que reduzcan el bienestar en la economía a nivel nacional y global”; Jansen y Seebregts (2010), además de definir la seguridad de abastecimiento energético a largo plazo en términos del mercado de fuentes fósiles y productos derivados, sin mencionar explícitamente los precios, confieren particular importancia a cuestiones como el poder de mercado de los países exportadores, en referencia a unos precios excesivos.

Finalmente, en relación a la revisión de las interpretaciones de la seguridad energética, Escribano y García-Verdugo (2012: p.27) sostienen que “la seguridad energética falla si hay algún tipo de interrupción de los flujos físicos de energía o un cambio importante en los precios de la energía”.

Según se observa, la definición de seguridad de abastecimiento ha ido evolucionando en el transcurso del tiempo y ha sido ampliada o sintetizada, por diversos autores. Asimismo,

algunas interpretaciones ponen más énfasis en la perspectiva económica; otros, en la política y otros, en la perspectiva medioambiental. Algunas se basan en cuestiones de corto plazo —precios y cantidades inmediatas— y otras involucran elementos de largo plazo —bienestar económico y desarrollo sostenible. En la mayoría de las definiciones, la accesibilidad no se menciona de manera específica ya que se puede englobar bajo el concepto de disponibilidad. Sin embargo, es de destacar que la accesibilidad es condición necesaria pero no suficiente para la disponibilidad de energía.

Las cuestiones a largo plazo no siempre aparecen en las distintas definiciones. El desarrollo sostenible se relaciona con la sostenibilidad medioambiental y social (concepto de aceptabilidad). Su inclusión o no, puede deberse a la mayor o menor preocupación medioambiental y/o social de los distintos autores o al tratamiento de la noción de seguridad de abastecimiento en sí mismo y la perspectiva del corto o largo plazo. Análogamente, se observa con el bienestar económico.

Según Muñoz (2012) habría que añadir un componente psicológico de la seguridad que vendría determinado por la percepción del individuo acerca de la seguridad del suministro, por tanto, es una cuestión subjetiva (Skinner, 2006). La “sensación de seguridad” se produciría como resultado de las relaciones económicas y políticas entre todos los países implicados en el suministro (productor, tránsito y consumidor), de la situación particular de los países clave en el sistema energético internacional, así como de la aversión al riesgo de cada país.

Adicionalmente, se pueden distinguir dos cuestiones a las que apuntan todas las definiciones: volúmenes y precios. Se puede apreciar que la disponibilidad de volúmenes y la asequibilidad de los precios están implícitos o explícitamente en todas las definiciones de seguridad de abastecimiento. En concreto, se repite el uso de algunos términos relativos o cualitativos como: adecuado, suficiente, permanente, fiable, continuo e ininterrumpido, asociados a la disponibilidad de volúmenes; y razonable, asequible y aceptable, ligados a los precios.

A continuación, se presenta en la Tabla 1, la evolución de la definición de seguridad energética realizada por diferentes investigadores, en los últimos 33 años.

Tabla 1  
*Evolución de la definición de seguridad energética en los últimos 33 años*

<b>Años</b>	<b>Seguridad energética</b>	<b>Seguridad de abastecimiento</b>	<b>Abastecimiento a corto plazo</b>	<b>Abastecimiento a largo plazo</b>
1985-1990	IEA (1985);			European Commission (1990a);
1996-2000	Bohi y Toman (1996); Martin et al. (1996)			
2001-2005	IEA (2001); Van der Linde et al. (2004)		Abraham (2004); Barton et al. (2004);	European Commission (2001a);
2006-2010	Van de Wyngard (2006); Yergin (2006); Escribano (2006); Alhajji (2007); Belyi (2007); APERC (2007); IEA (2007a); Simmons (2008); Frondel y Schmidt (2008); García-Verdugo y San Martín (2009a); Marín, Velasco y Muñoz (2009b); Youngs (2009)	Chevalier (2006); Le Coq y Paltseva (2009); Kruyt et al. (2009); Checchi et al. (2009); Löschel et al. (2010)		Berrah et al. (2007); Jansen y Seebregts (2010)
2011-2017	Escribano y García-Verdugo (2012); Muñoz (2012); IEA (2014)			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que los diferentes enfoques adoptados en el estudio de la seguridad energética, los mismos que son resumidos en la Tabla 2, permiten observar los niveles de importancia que se da internacionalmente a cada factor, así como los periodos de mayor análisis de la problemática; sin embargo, para efectos del desarrollo de esta tesis, sólo se sustraerán aquellos que tienen un efecto directo en el abastecimiento de GLP en el Perú. Esto abre un nuevo

espacio de investigación para considerar los factores contemplados en la Tabla 2, para otros energéticos utilizados en el Perú.

Tabla 2

*Paradigmas desarrollados en torno al estudio de la seguridad energética*

Paradigmas	Temas	Autores
Seguridad de suministro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suministro adecuado de energía a precio razonable</li> <li>- Disponibilidad física de suministros para satisfacer la demanda a un precio dado</li> <li>- Suministros de energía adecuados, asequibles y fiables a precios competitivos.</li> <li>- Desde el punto de vista de la seguridad de las instalaciones, medioambiental y social</li> <li>- Desde el punto de vista de los proveedores y fuentes de energía</li> </ul>	IEA (1985); IEA (2001); Escribano (2006); IEA (2007a); Simmons (2008);
Seguridad de abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad de una oferta adecuada de energía a precios asumibles</li> <li>- La seguridad de abastecimiento como subclase de la seguridad energética</li> <li>- Desde el punto de vista económico y el concepto psicológico de seguridad</li> <li>- Acceso a recursos energéticos suficientes a precios razonables y libre de riesgos</li> <li>- Flujo de suministro sostenible de energía que cubre la demanda y nivel de precios que no interrumpe el curso de la economía</li> </ul>	Barton et al. (2004); Escribano (2006); Chevalier (2006); Le Coq y Paltseva (2009); Löschel et al. (2010)
Desde el punto de vista de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminación de riesgos de dependencia exterior (Independencia energética)</li> <li>- Riesgos en los procesos productivos o de servicios</li> </ul>	Van de Wyngard (2006)
Desde el punto de vista de los importadores y exportadores		Kruyt et al. (2009)
Desde el punto de vista del corto y largo plazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de potenciales interrupciones de suministro</li> <li>- Restricción de consumos para mitigar magnitud de escasez física de energía</li> </ul>	IEA (2001); Kruyt et al. (2009); European Commission (1990a); European

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aseguramiento de energía para el desarrollo económico sostenible</li> <li>- Acceso ininterrumpido de combustibles fósiles y productos derivados (energía primaria y secundaria)</li> </ul>	Commission (2001a); Jansen y Seebregts (2010)
Desde el punto de vista de los precios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accesibilidad de los precios</li> <li>- El precio como variable que ajusta el mercado</li> </ul>	APEREC (2007); Kruyt et al. (2009); Escribano y García-Verdugo (2012)
Desde visión clásica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección física de las infraestructuras y la garantía de la continuidad del suministro.</li> <li>- Destaca el elemento físico y territorial, las relaciones comerciales y de política económica respecto de los suministradores</li> </ul>	De Espona (2013)
Desde una óptica moderna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salvaguarda de la independencia y resiliencia</li> <li>- Reducción de la vulnerabilidad y sensibilidad del sector energético</li> <li>- Conjuga los campos de la seguridad, la defensa, la economía y las relaciones internacionales</li> </ul>	De Espona (2013)

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, si se examina con mayor detenimiento los dos aspectos centrales de la seguridad de abastecimiento energético como es la disponibilidad física de suministros energéticos en volúmenes suficientes y de forma continua, es decir, sin interrupciones y que los precios sean accesibles; resulta necesario en esta época, tomar en consideración la relación existente entre la sostenibilidad medioambiental y la seguridad de suministro.

En cuanto a la disponibilidad física de suministros energéticos en volúmenes suficientes, de forma continua y adecuada, es importante referirse a las condiciones físicas del suministro energético, básicamente flujos y volúmenes, que permitan la continua satisfacción de la energía demandada para desarrollar las actividades estratégicas, económicas y ordinarias de un país (defensa, producción, transporte, consumo de los hogares, etc.). Estas características son fundamentalmente de origen geológico, técnico, económico y geopolítico, ya que se refieren a la disponibilidad de recursos, el buen funcionamiento de las infraestructuras y la fiabilidad de

las empresas, y demás involucrados en el sistema energético. Esto requiere de un nivel adecuado de inversiones.

La disponibilidad de recursos a largo plazo está relacionada con las reservas. No existen estimaciones fiables sobre un potencial agotamiento de los hidrocarburos, pero no se puede dudar que son recursos finitos y no renovables en escalas cortas de tiempo, por lo que en cualquier momento se podría llegar al límite de explotación. Sin embargo, la mayor preocupación es que la producción no pueda cubrir la demanda, lo cual ya es una realidad en el Perú. La llegada al pico del petróleo depende de diversas variables como los nuevos descubrimientos de reservas, así como una mejora de la eficiencia en la explotación de los yacimientos (nuevas técnicas y tecnologías, como la extracción profunda o la explotación de recursos no convencionales). Aún no se ha realizado investigaciones en el Perú sobre la llegada a su pico de producción; sin embargo, se está realizando modificaciones normativas necesarias para hacer más atractivo el desarrollo de nuevas inversiones en la fase de exploración.

Entonces, las variables están relacionadas con la inversión presente y futura, la cual está determinada, entre otros factores, por los costos relativos. En resumen, el petróleo o gas natural recuperable es incierto, ya que depende esencialmente de la tecnología y los precios por lo que se espera que ambos jueguen a favor de una mayor capacidad de recuperación de petróleo y gas natural puesto que la tecnología está en constante desarrollo a pesar de la variabilidad de los precios.

A las variables relacionadas con la disponibilidad física de energía hay que añadir las asociadas al ritmo de producción, como son la demanda y las decisiones de carácter político que afectan a la producción. A su vez, la capacidad de producción depende de las inversiones. En la seguridad energética, influyen factores tanto de demanda como de oferta. Así, si la demanda crece más que la capacidad de la oferta, los precios crecerán, lo que se traducirá en una mayor inversión y una expansión de la capacidad de producción. Además, el petróleo no convencional y los recursos líquidos de gas natural permitirán incrementar la producción de petróleo durante décadas.

Es interesante notar que la disponibilidad continua (permanente o ininterrumpida) de energía no implica necesariamente que no haya interrupciones en el sistema, sino que, de producirse, no impacte sobre la economía. De tal forma, podría producirse un corte en el abastecimiento de un productor, pero, si se dispone de formas de suministro alternativas, podría evitarse o minimizarse la afectación a los ciudadanos y a las actividades de un país. Por tanto, se podría distinguir entre la seguridad del suministro que depende de la fiabilidad de los socios energéticos y unos mercados que responden con flexibilidad a las necesidades de demanda, por un lado, y la seguridad del suministro promovida por los países importadores, mediante políticas establecidas para tal fin (reservas estratégicas, diversificación, etc.), por otro. En ambos casos, inciden sobre la disponibilidad de las cantidades de energía adecuadas para el funcionamiento de un país.

Entonces, ¿cuál sería una cantidad adecuada o suficiente de suministro? La respuesta sería que tal cantidad variará en el espacio y tiempo, es decir, depende del país y las circunstancias del momento. Sin embargo, en términos económicos, una oferta adecuada será aquella que satisfaga las necesidades de los países demandantes, de forma que puedan desempeñar su actividad sin verse limitados o condicionados por una insuficiente disponibilidad de energía. Por lo tanto, es lógico considerar que la oferta deberá ser siempre igual o mayor que la demanda. Berrah et al., en una publicación del Banco Mundial, añaden que unas cantidades adecuadas, además de satisfacer la demanda en el mercado tendrán que durar durante un tiempo suficiente para justificar inversiones en las distintas fases del proceso de producción, transporte, distribución y equipamiento.

Berrah et al., establecieron que la cualidad de fiabilidad se interpreta como la robustez del sistema para hacer llegar cualquier suministro de energía a su destino (a través de medidas técnicas, comerciales y administrativas, entre otras), de forma que el sistema esté protegido frente a interrupciones no intencionadas (2007). También habría que añadir aquello que compete a los países socios, en relación con su seguridad socioeconómica y política, que incluiría cuestiones relacionadas con la estabilidad sociopolítica y la calidad institucional.

Considerando la accesibilidad de los precios, es necesario detenerse en este concepto de precios aceptables o razonables. La constatación práctica de los efectos de los precios en la seguridad energética ha implicado una evolución del concepto de la seguridad de abastecimiento, que ha llevado a ampliar la definición basada inicialmente en elementos físicos, al incorporar los precios de la energía (Kruyt et al., 2009). Con los precios se ingresa en la corriente económica de la seguridad de suministro de la energía (APEREC, 2007; Kruyt et al., 2009); sin embargo, la disponibilidad y la escasez de energía también tienen un marcado componente económico.

Los sistemas energéticos se representan por modelos complejos que incluyen unas tecnologías energéticas, unas materias primas, productos, consumo, emisiones contaminantes y costos. La demanda será cubierta al menor costo posible, mediante la combinación de recursos energéticos y el uso de tecnología. El precio será la variable que ajuste el mercado, equilibrando la oferta y la demanda. En este sentido, el precio será el resultado del comportamiento del sistema económico y energético, por lo que puede ser considerada como una variable endógena (Escribano y García-Verdugo, 2012).

En general, los precios emiten señales sobre la escasez o abundancia de un bien en el mercado, manifestando una mayor escasez a través un incremento de precios. Como los productos energéticos se comercializan en mercados internacionales, si se reduce la cantidad disponible en los mercados, o incluso si se prevé como muy probable una interrupción del suministro, sus precios aumentarán. Es decir, las variaciones de los precios se relacionan con las cantidades físicas, tanto actuales como esperadas, lo que a su vez está condicionado por las interrupciones del suministro efectivas y potenciales.

En el Perú, en mercados aislados como el de la ciudad de Iquitos o en la ciudad de Pucallpa en donde se depende del abastecimiento que llega básicamente desde Lima, la escasez de GLP produce un alza en el precio de los cilindros de 10 kg entre el 50 y 70%, incremento que mayormente produce conflictos sociales dentro de una coyuntura complicada, necesaria de resolver.

Por otro lado, los mercados de hidrocarburos no siguen un modelo de competencia perfecta. Los precios, determinados por la oferta y demanda de los mercados, están influidos por cuestiones como las cuotas a la exportación de los países de la OPEP —y demás manifestaciones del poder de mercado— o los contratos a largo plazo en el sector del gas. En todo caso, estas imperfecciones pueden ser eliminadas o minimizadas (o al menos sus efectos) mediante una adecuada regulación e incentivos (Escribano y García-Verdugo, 2012).

En el mercado del petróleo, la OPEP actúa como un cártel por lo que los precios sufren distorsiones. Su poder de mercado puede repercutir en subidas deliberadas de los precios o no reducciones de éstos porque se mantienen artificialmente en niveles superiores al de equilibrio de mercado; aunque, como asevera Muñoz (2012), la actuación de la OPEP no siempre resultó efectiva. Así, a mediados de los ochenta los precios del crudo en términos reales cayeron rápidamente, permaneciendo a niveles inferiores a los de finales de los setenta hasta principios de la década de 2000. En el mercado del gas natural, su precio está indexado al del petróleo, por lo que también experimenta cierta volatilidad.

Según algunos autores (Löschel et al., 2010), unos precios que incluyan un sobrecosto por la existencia de un cártel no necesariamente tienen que representar un riesgo para la seguridad de abastecimiento, y puede suponer sólo un ligero incremento en el nivel de precios. En este sentido, se podría interpretar que unos sobrepuestos mantenidos en el tiempo podrían dejar de representar una incertidumbre sobre el abastecimiento, en tanto se encuentren incorporados en las expectativas de los agentes y no muestren una elevada volatilidad. Sin embargo, la cuestión de los precios no sólo atañe a su estabilidad, sino también a su asequibilidad, además que en el mercado no sólo participan países importadores desarrollados y de elevado poder adquisitivo. Otros países en desarrollo pueden sufrir de forma más intensa ese recargo, afectando a su seguridad de suministro.

Los precios artificialmente altos suponen una pérdida de eficiencia para el bienestar y la economía en su conjunto sin perder de vista que el concepto de seguridad de abastecimiento incluye una perspectiva de largo plazo y de bienestar. A diferencia de las escaladas de precios de los años setenta, los incrementos de los precios del petróleo se deben en buena medida a

cuestiones estrictamente de mercado, a saber, el rápido crecimiento de la demanda energética mundial (especialmente de países emergentes, como China) y el descenso en las reservas de petróleo y gas natural convencionales en países no pertenecientes a la OPEP ni a la antigua Unión Soviética.

Adicionalmente, para Escribano y García-Verdugo (2012), la inmensa mayoría de los países donde se sitúan las mayores reservas de hidrocarburos son políticamente inestables, ya que la totalidad de éstos cuentan con regímenes políticos autoritarios. En concreto, argumenta que la inestabilidad sistemática en Oriente Medio, y en el Norte de África, agudizó la competencia por los recursos y presionó, en determinado momento, los precios al alza. Todo ello generó unas tensiones, fundamentalmente geopolíticas y económicas, en el mercado de la energía.

Volviendo a las preguntas, ¿cuáles serían unos precios asequibles? y ¿cuál sería ese nivel de precios capaz de generar seguridad energética? Para responder a estas preguntas, habría que decir que el precio debe ser tal que no limite el acceso a la energía a los países y sectores que lo necesiten. Partiendo de la evidencia de la existencia de imperfecciones en los mercados, un nivel asequible se referiría al concepto de precios accesibles o no prohibitivos, según los cuales, los países demandantes de energía deberían poder mantener los niveles de consumo energético necesarios para poder desarrollar sus economías y cubrir las necesidades de sus ciudadanos.

Por tanto, desde la perspectiva del consumidor, la seguridad del suministro dependerá de su capacidad para pagar los precios vigentes en un momento dado, para una cantidad de energía necesitada. Pero, aunque se aclare el concepto, sigue siendo controvertido determinar el nivel de precios que es asequible, ya que entra en juego cuestiones como la variedad de fuentes energéticas, la diversidad de precios y mercados y calidades de esas fuentes, desigualdad en los niveles de poder adquisitivo entre los consumidores, entre otros.

Los precios del petróleo se forman en los mercados mundiales, por lo que se aplica el mismo para distintos países con diferentes capacidades adquisitivas. Además, tras la distinción de las dos perspectivas de la seguridad energética (puntos de vista del consumidor y del

productor), se propone una definición integral de la misma considerando que la seguridad energética consiste en la estabilidad del sistema energético en términos de unos flujos constantes y suficientes de energía tales que garanticen el desarrollo económico y el bienestar social de todos los actores implicados en el sistema.

Escribano y García-Verdugo (2012) sostienen que el requisito de asequibilidad se refiere principalmente a la formación de precios basada en las variaciones en la oferta y demanda en los distintos mercados libre de las imperfecciones del mercado que encarezcan el precio de las fuentes de energía sin un fundamento en las condiciones del mercado. La seguridad de suministro en términos de nivel de precios, por tanto, se logrará cuando los incrementos de precios o su impacto económico son minimizados, de tal forma que no afectan de forma significativa al bienestar social de un país.

Ahora bien, es un asunto de gran importancia considerar la sostenibilidad medioambiental como un componente adicional a las definiciones. La seguridad energética y la protección medioambiental son dos objetivos distintos cuyas políticas no son fácilmente compatibles, ni son objetivos complementarios, considerándose más bien que existe un conflicto de objetivos. Este conflicto se hace evidente desde que en el Perú existe una norma de consulta previa en el que las comunidades en cuyo suelo se encuentran los recursos explotables deben prácticamente “aprobar” el desarrollo de las inversiones y que, en la mayoría de los casos se constituyen como un obstáculo a la explotación de los recursos, lo que merma la producción nacional y posibilita la importación de hidrocarburos.

Ambos objetivos, que compiten por los recursos financieros de los distintos gobiernos y las fuentes tradicionales, más estables y baratas, son contrarios a algunos objetivos medioambientales. Esto se pone de manifiesto, por ejemplo, si un país con una elevada dependencia de las importaciones de hidrocarburos decide conceder una mayor participación al petróleo nacional en su mix. Un suministro doméstico entraña menos riesgos sociopolíticos y de transporte. Sin embargo, esta política tendría un costo en términos medioambientales, al utilizar una fuente que genera mayores riesgos de contaminación. En este caso, se presenta un conflicto entre ambos objetivos; es decir, alcanzar un mayor cumplimiento de uno de ellos

supone reducir el del otro. Por lo que se requiere analizar las interacciones entre ambos, y adoptar una combinación que sea óptima o, al menos, satisfactoria en el nivel de cumplimiento de ambos objetivos.

Si la sustitución en el mix se produjera a favor de fuentes renovables de energía o de energía nuclear, también producidas domésticamente, en cambio, se conseguiría reducir la contaminación y mejorar la seguridad energética, con lo que se solucionaría el conflicto. Aunque, si fuera energía renovable producida en el exterior presentaría efectos ambivalentes sobre la seguridad energética: la electricidad no puede ser almacenada por cuestiones técnicas (salvo en baterías), por lo que los costos de una interrupción son mucho más elevados para ambas partes que en el caso de los hidrocarburos, lo que supone un desincentivo para producir un corte del suministro políticamente motivado (Marín Quemada y Escribano, 2012).

Por otro lado, la dependencia exterior y los riesgos asociados al transporte deberían tomarse en cuenta, así como la vulnerabilidad asociada a las discontinuidades en la producción (energía solar, eólica o hidroeléctrica) y la incapacidad para almacenarla en momentos de exceso.

La Unión Europea concibe en tres pilares su política energética: seguridad energética, sostenibilidad y eficiencia. Estos ejes se representan en un triángulo, como tres objetivos que se quieren conseguir de forma simultánea, por lo que deberá elegir una combinación de todos ellos. Es posible encontrar algunas complementariedades entre los objetivos, ya que las estrategias destinadas a lograr una mayor eficiencia energética podrán dar como resultado una mejora en ambos objetivos. Debido al conflicto entre los objetivos, Muñoz (2012) considera que no es apropiado incluir la dimensión medioambiental en la definición de seguridad energética. Por otro lado, sostiene que la sostenibilidad medioambiental es una restricción para la seguridad energética, lo que plantea un problema de optimización, esto es, cómo maximizar la seguridad energética, dado ciertos niveles de sostenibilidad que se quieren preservar.

El consumo y el procesamiento de energía (relacionados a la seguridad energética) afectan a la sostenibilidad medioambiental (particularmente las energías fósiles). Sin embargo,

una mayor sostenibilidad medioambiental no influye de forma directa en la seguridad energética, salvo como limitación o restricción al consumo de energías contaminantes. En resumen, la seguridad energética y la sostenibilidad pueden andar de manera paralela si se decide políticamente; sin embargo, conceptualmente la sostenibilidad no es parte de la seguridad energética y se puede tratar como una cuestión exógena, impuesta desde fuera.

En esta etapa del análisis, se coincide con la definición de Muñoz estableciendo que la seguridad de abastecimiento energético consiste en la disponibilidad de suministros energéticos de forma continua, en las cantidades necesarias y a unos precios asequibles tales que un país pueda desarrollar su actividad económica de forma ordinaria y mantener el bienestar de sus ciudadanos. Dado que cada país tiene una idiosincrasia y unas circunstancias distintas en su entorno, cada uno tendrá una percepción distinta de la misma, por lo que la apreciación de la seguridad de abastecimiento energético se basa tanto en cuestiones objetivas como de naturaleza subjetiva.

Considerando que esta investigación tiene como ámbito de estudio el suministro de GLP, el análisis se basará en la seguridad de abastecimiento de este energético. Además, conviene precisar que, dejando de lado los precios, la investigación se centrará fundamentalmente en los riesgos y factores que determinan la disponibilidad física del GLP, ya que se realizará un análisis de la seguridad considerando los factores que inciden en la disponibilidad y continuidad de su suministro.

Sin embargo, considerando que los precios son un elemento de la seguridad a corto plazo, los países consumidores tienen poco margen de maniobra. A largo plazo, los precios difícilmente pueden servir de predicción o generar expectativas de futuro, por su volatilidad. Además, los precios responden a las interrupciones potenciales o efectivas del suministro energético, entre otros fundamentos del mercado. Esto significa que son un indicador ex-post; es decir, son aquellos que responden a la pregunta de si el sistema energético ha causado algún impacto severo en la economía en el pasado, porque muestran la evolución histórica del comportamiento del sistema (Löschel et al., 2010).

En la medida que los precios de los hidrocarburos son un dato único donde se concentra una elevada cantidad de información sobre oferta, demanda, expectativas, entre otros, cualquier evento relevante en el mercado, se reflejará a posteriori (ex-post) en la evolución de los precios (al menos en las economías de mercado, como los países de la OCDE).

Esta investigación tiene a la seguridad de suministro o abastecimiento (referido como desabastecimiento) como la variable objetivo (variable dependiente), por lo que la seguridad es el resultado del análisis de sus causas. Para este análisis se utilizarán indicadores ex-ante. Estos indicadores se preguntan sobre las expectativas de que el sistema energético sufra graves impactos, por lo que reflejan las circunstancias que pueden implicar un riesgo para la seguridad energética futura (Löschel et al., 2010).

La amplitud del marco de los indicadores ex-ante es mayor que la del ex post. Mientras estos últimos se concentran fundamentalmente en los precios y volúmenes, los primeros contemplan un espectro más amplio de cuestiones relativas a potenciales riesgos del sistema energético, como la estructura del mercado de los distintos commodities (materias primas), eventos políticos, progresos tecnológicos, cambios en el mix energético de los países y grado de dependencia de las importaciones, o la elasticidad de la sustitución entre combustibles, así como entre la energía y el capital o el trabajo.

En definitiva, la aproximación a la seguridad energética se orientará hacia los factores causantes de la estabilidad del suministro físico de GLP, que se verá amenazada por interrupciones (potenciales o prácticas), bien sean temporales o permanentes y parciales o totales.

Desde hace unos años, el país ha sido testigo de los problemas de desabastecimiento de GLP por la imposibilidad de descargar este producto desde los buques ante el cierre de puertos originado por la existencia de oleaje anómalo en todo el litoral peruano o por problemas de transporte terrestre por cierre de carreteras a causa de movilizaciones y marchas; esto constituye un factor que afecta el cumplimiento de las plantas de abastecimiento de la normativa legal que establece límites de existencias (inventarios) mínimas y medias.

A medida que el problema se hizo más recurrente, en el organismo regulador los expedientes que requerían decisión inmediata de inicio de procedimientos administrativos de sanción se multiplicaban de manera que merecían ser abordados con la urgencia que les correspondía debido a los plazos de atención establecidos y a la posibilidad de prescripción. Actualmente, el Ministerio de Energía y Minas ha suspendido la aplicación de la norma por lo cual no se sanciona el incumplimiento de contar con las existencias medias y mínimas establecidas.

Por otro lado, las empresas abastecedoras han iniciado un programa de adecuación para el incremento de capacidad de almacenamiento a fin de cumplir la norma y evitar las sanciones. Esto trae a la mente, el hecho de que en ocasiones se justifica las decisiones al decir que no se tenía mejor opción al actuar bajo presión; sin embargo, la situación pudo ser distinta, es decir, no se tenía más opción por haber dejado que la situación llegue al punto en que ya no era posible realizar cambios como consecuencia de la imprevisión. En virtud de ello y tomando conciencia de todas las situaciones que se presentan es que se debe optar por una actividad previsoras y proactiva a fin de poder decidir libremente y estar en posición de administrar la situación con la rapidez con la que se producen los cambios, haciendo que la previsión se haga prioritaria. De aquí, la importancia de desarrollar esta investigación.

Alfonso Blanco, Luis Eirea, Omar Paganini, Beno Ruchansky y Alicia Torres (2013), elaboraron en el Uruguay, un estudio prospectivo del sector energético con proyección al 2030, en cuya propuesta de escenario energético “A” establece la inclusión de las energías renovables no convencionales y la introducción del gas natural para la generación de energía eléctrica, la promoción de la eficiencia energética y el impulso a los biocombustibles que redundan en una reducción de las emisiones provenientes de la industria de la energía en el año 2015.

En relación con el propano industrial, el documento indica que los volúmenes de este combustible aumentaron sustancialmente a partir de las limitaciones que impuso Argentina a la exportación de gas natural. En el 2013, representó aproximadamente el 8% del total de GLP, el

mismo que es utilizado básicamente por las industrias que se habían preparado para consumir gas natural.

Como resultado del estudio, se ha establecido que el mercado del GLP también sufrirá la sustitución por el gas natural en las instalaciones que consumen propano a granel, aunque mucho más lentamente en el mercado domiciliario de cilindros, el mismo que requiere inversiones por parte de los consumidores y cambios en los hábitos de las familias. Muchas residencias no están preparadas para la introducción del gas natural, incluso por razones de normativa, a diferencia del Perú en el que básicamente son de tipo económico. El estudio también concluye en la existencia de una tendencia creciente en las importaciones de GLP, de manera análoga al caso peruano.

En México, el Estado Federal embarcado en la tarea de construir las bases de un sector energético seguro, eficiente y próspero ha establecido como fines primordiales de su política energética la de garantizar un abastecimiento oportuno de combustibles que satisfaga las necesidades energéticas de los sectores residencial, comercial e industrial; así, ha considerado que el GLP es un insumo fundamental para cada uno de ellos por lo cual considera su relevancia en el desempeño del sector energético así como en el desarrollo económico y social del país.

Considerando que el mercado mexicano de GLP enfrenta retos significativos, los estudios prospectivos realizados por la Secretaría Nacional de Energía (SENER) para los periodos 2012-2026, 2013-2027 y 2014-2028 establecen que solamente podrán superar estos retos si continúan fomentando un esfuerzo coordinado de los diferentes actores que confluyen en él, tanto en el ámbito del planeamiento, la regulación y la operación industrial. Consideran importante el fomento de la inversión, modernizando y ampliando la infraestructura existente y promoviendo la competencia en el mercado a través de mecanismos regulatorios.

De acuerdo con la prospectiva, esta serie de acciones se sustentan en una visión integral de mediano y de largo plazo. Los estudios de prospectiva del mercado de GLP, plantea la evolución esperada de dichos mercados habiéndose elaborado para los periodos 2012-2026,

2013-2027 y 2014-2028; analizando el mercado internacional, los mecanismos de regulación y los factores de cambio de la industria a lo largo de los años.

Aguirre, L., Galdo, M., Medina, K., Ychikawa, C. (2015) describe los hitos del marco legal en hidrocarburos peruano, considerando en primer lugar la transición de un sistema de concesiones (1952) a un régimen de servicios públicos (1969); luego, la transición de un régimen de servicios públicos a un sistema contractual (1993) de actual vigencia. La normativa vigente comprende la Ley Orgánica de Hidrocarburos y correspondientes reglamentos, aprobada por Ley N° 26221 en el año 1993, la misma que establece la estructura legal respecto a las actividades de exploración, explotación, transporte y refino, de hidrocarburos líquidos y gaseosos. En el momento en que se elabora esta investigación, se encuentra en revisión el proyecto de la nueva Ley Orgánica de Hidrocarburos.

En relación con el Gas Natural se promulgó la Ley de Promoción y Desarrollo de Gas Natural (Ley N° 27133) y su reglamento (1999) que establece procedimientos adicionales para la explotación de las reservas probadas de gas natural y el mecanismo de ingresos garantizados para el sector de transporte y distribución de Gas Natural, aspecto de importancia para el desarrollo de la generación de energía utilizando gas natural. En el año 2004, se promulgaron leyes para promover la industria del Gas Natural Licuefactado (GNL) y la industria petroquímica, tomando medidas para incentivar la inversión en Gas Natural y su exportación, rigiéndose en el marco de desarrollo de gas natural (Ley N° 27133) y la ley de Promoción de inversión en plantas de procesamiento de Gas Natural (Ley N° 28716).

En el año 2012, se promulgó la Ley que crea el Sistema de Seguridad Energética en Hidrocarburos (SISE), Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) y la Ley de Afianzamiento de la Seguridad Energética (LASE), mediante la Ley N° 29852. Estas normas marcan un punto de particular importancia para la regulación de hidrocarburos al crear un mecanismo de subsidios cruzados con la finalidad de asegurar la seguridad energética dentro del marco del beneficio social y económico de la población.

La Política Energética en el Perú, para el periodo 2010 – 2040, establece la importancia de analizar y desarrollar una guía que garantice el abastecimiento de energía dentro de un marco de desarrollo sostenible. Los objetivos para el desarrollo energético para el país, de acuerdo esta política, comprende tener una matriz energética diversificada, competitiva y con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia energética; asimismo, tener un abastecimiento energético en un marco de desarrollo sostenible y con acceso universal al suministro energético.

De igual forma, contar con una mayor eficiencia en la cadena productiva y en el uso de la energía, así como tener un sector energético con mínimo impacto ambiental. Pretende además contar con una industria del gas natural desarrollada y empleada en actividades de transporte, comercio e industria, así como la generación eléctrica eficiente, logrando el fortalecimiento de la institucionalidad del sector energético realizando todos los esfuerzos para lograr una integración con los mercados energéticos de países de la región, en los casos que sean favorables para el país.

Debe resaltarse que, de acuerdo con los considerandos del Decreto Supremo N° 064-2010 EM, la Política Energética Nacional del Perú para el periodo 2010-2040 toma como referencia los lineamientos del Plan Estratégico de Desarrollo Nacional - Plan Perú 2021, preparado por el Centro de Planeamiento Estratégico – CEPLAN. Este Plan, se sustenta en los conceptos de desarrollo sostenible y en el marco jurídico nacional, enfatizando los aspectos de promoción y protección de la inversión privada, reduciendo los impactos sociales y ambientales, promoviendo el respeto e incentivando los mercados energéticos, la eficiencia energética y el desarrollo de las energías renovables a nivel local, regional y nacional.

La Figura 2 muestra un esquema que vincula la Política Energética y la seguridad energética nacional con los hidrocarburos, a fin de garantizar la continuidad y confiabilidad del suministro de energía mediante la inversión pública y privada.

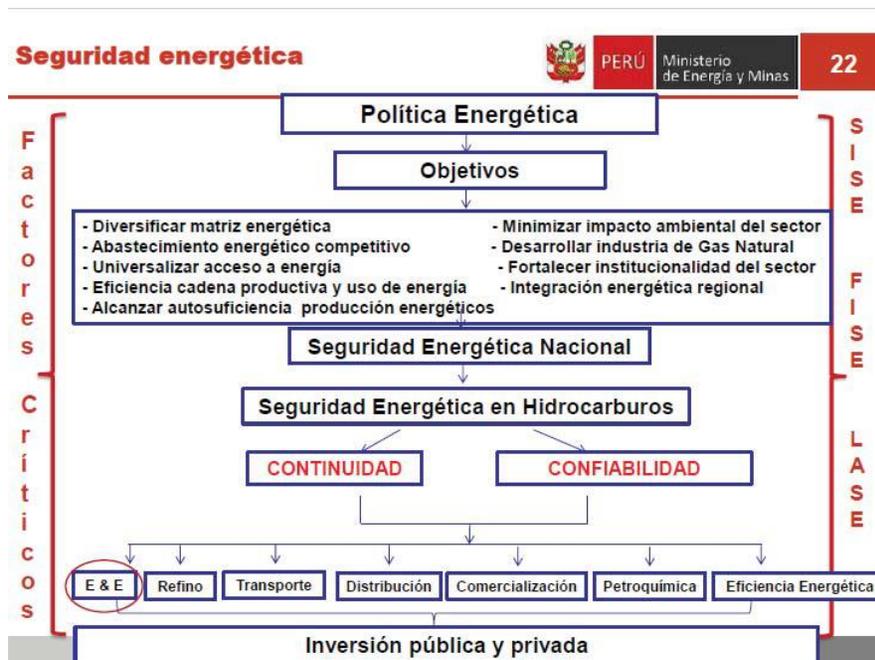


Figura 2. Relación entre la Política Energética y Seguridad Energética. Minem-DGE-Presentación Congreso de la República (2013)

Por lo tanto, la estrategia peruana se orienta al incremento de la eficiencia energética, la disminución de la vulnerabilidad, la diversificación de proveedores, mediante la promoción del uso de otras fuentes energéticas alternativas, de otros proveedores, así como el desarrollo de nuevos medios para el transporte y el aumento de las interconexiones de las redes energéticas existentes dentro de la región. En virtud de ello, en este proyecto se procederá a realizar una revisión de las aportaciones más relevantes efectuadas a la fecha sobre el concepto de seguridad de suministro llegándose a proponer una definición de carácter formal para el modelo peruano y la consecuente estrategia para el aseguramiento del abastecimiento de GLP considerando todos los riesgos asociados.

Colin L. Powell, Secretario de Estado de Estados Unidos en el 2004 (Powell, 2004), declaró que se requiere involucrar a los principales socios comerciales, a los principales productores de energía y a las instituciones internacionales, en un diálogo sobre la función que la seguridad energética ejerce en la prosperidad mundial compartida, así como en la promoción del comercio y la inversión internacionales en la cadena de abastecimiento de energía. En ese contexto, es necesario analizar los antecedentes de la provisión de combustibles en el Perú para

luego realizar los esfuerzos con el fin de establecer una visión compartida sobre la provisión de combustibles con todos los involucrados para así contribuir a la prosperidad y crecimiento económico del país.

La producción nacional de Gas Licuado de Petróleo (GLP) durante los meses de diciembre de 2016 a diciembre de 2017 fue de aproximadamente 55.3 miles de barriles por día, según se puede apreciar en la Figura 3. Al respecto, el productor Pluspetrol Perú Corporation S.A. cuenta aproximadamente con el 83.0% de la participación nacional (47 miles de barriles por día), seguido por el productor Petróleos del Perú S.A. (Refinería Talara) con un 9.4%, Refinería la Pampilla S.A.A. con 3.3%, Aguaytía Energy del Perú S.R.L. con 0.9%, Graña y Montero Petrolera S.A. con 1.8% y en su conjunto Procesadora de Gas Pariñas S.A.C. y Savia Perú S.A. cuentan con 1.5% de participación a nivel nacional.

La evolución nacional del GLP, desde el año 2008 al 2014, considera la información comercial tomando en cuenta todas las ventas efectuadas por los Productores e Importadores de GLP a nivel nacional y adicionando las transferencias efectuadas por los Importadores de GLP a sus respectivas Plantas Envasadoras de GLP.

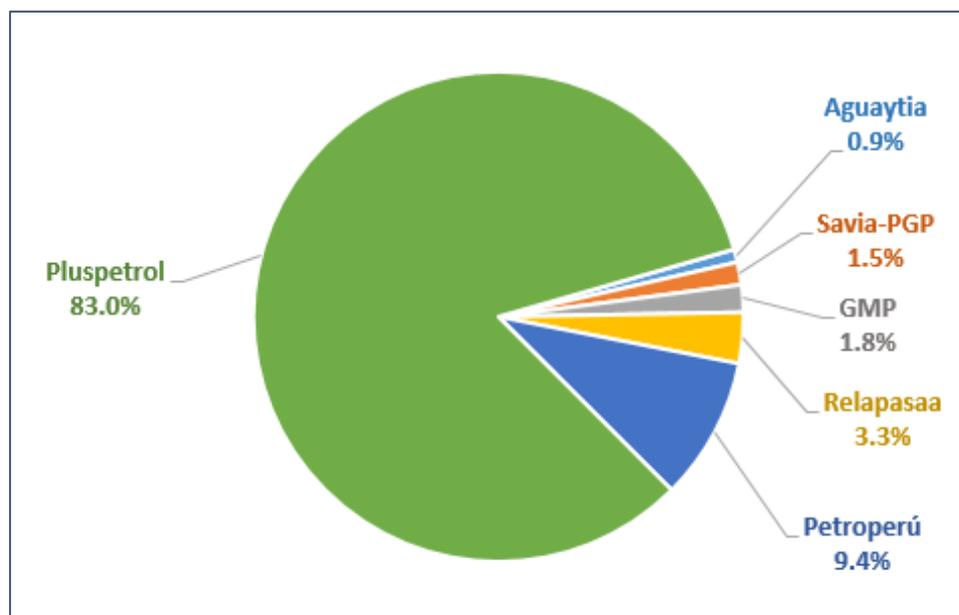
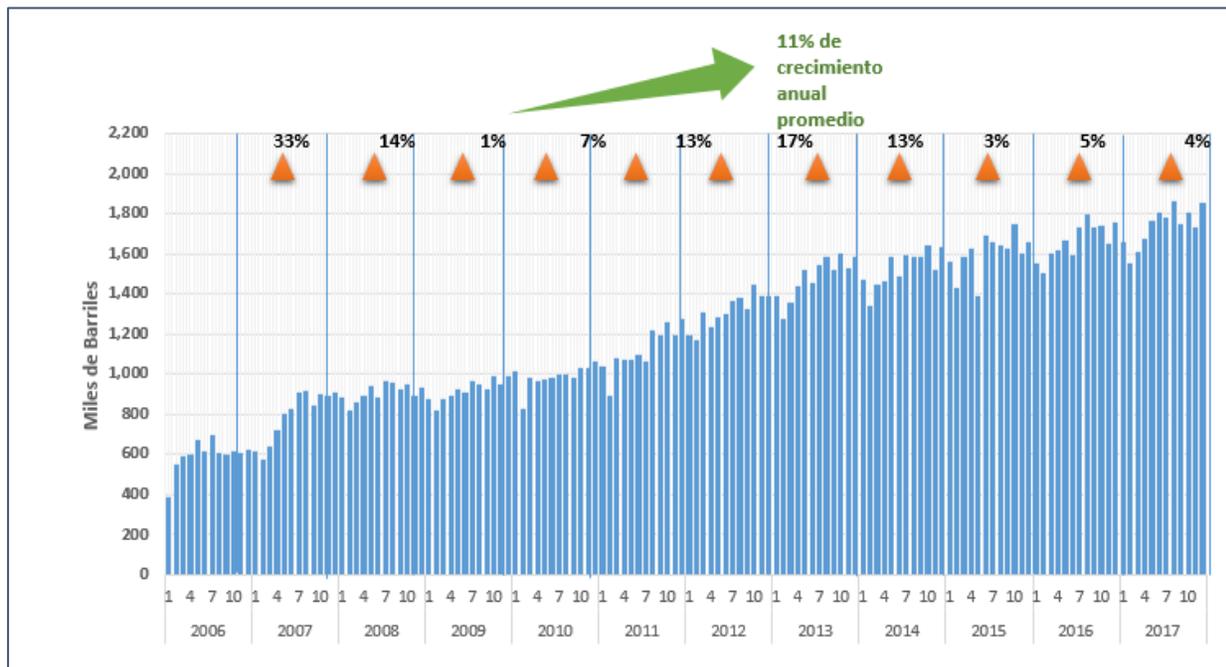


Figura 3. Producción de GLP a nivel nacional (diciembre 2016 a diciembre 2017). MINEM - Osinergmin (2015).

La demanda nacional de GLP es de aproximadamente 57.1 miles de barriles por día. El siguiente Figura muestra que la demanda mensual de GLP ha tenido un incremento mensual sostenido, observándose que la demanda anual promedio en los últimos ocho años ha sido del orden del 11%.



*Figura 4.* Demanda Nacional de GLP reportada por los Productores e Importadores. SCOPDOCS (2017). Osinergmin

En la Tabla 3 se observa que, según la información del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), las exportaciones de GLP entre los meses de enero a diciembre del 2017 fueron de 608 miles de barriles de GLP, equivalentes a 1.71 miles de barriles por día.

Tabla 3  
*Exportaciones mensuales de GLP*

AÑO	MES	Miles de barriles por día (MBD)		
		PLUSPETROL	OTROS	TOTAL
2017	Ene-17	0.00	0.16	0.16
	Feb-17	8.52	0.18	8.70
	Mar-17	0.00	0.12	0.12
	Abr-17	0.00	0.21	0.21
	May-17	0.00	0.14	0.14
	Jun-17	0.00	0.07	0.07
	Jul-17	0.00	0.08	0.08
	Ago-17	0.00	0.18	0.18
	Set-17	0.00	0.20	0.20
	Oct-17	0.00	0.19	0.19
	Nov-17	0.00	0.07	0.07
	Dic-17	10.23	0.12	10.35
<b>Promedio mensual</b>		<b>1.56</b>	<b>0.14</b>	<b>1.71</b>

Nota. Fuente: MINEM. (2017)

Un análisis de la producción y demanda de GLP permite pronosticar que, para finales del año 2018, la demanda nacional proyectada incluyendo las exportaciones llegará a 62 miles de barriles por día, cifra que podría coincidir o, incluso, superar la capacidad de producción de GLP a nivel nacional.

La demanda nacional de GLP, sin considerar las exportaciones fue obtenida del sistema SCOP GLP, administrado por Osinergmin, y la producción de GLP fue obtenida del MINEM. Con esta información, la unidad de Análisis del Mercado de la Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos realizó un análisis de las proyecciones estimadas para la demanda nacional de GLP dentro de los próximos 4 años y los resultados son mostrados en el siguiente Figura. Cabe indicar que, para los años 2012 y 2014 existieron meses en los cuales la demanda nacional de GLP excedió a la cantidad de GLP producida. Este hecho evidencia la necesidad de ampliar la capacidad de producción nacional considerando que, en el mediano plazo, podríamos convertirnos nuevamente en importadores de GLP.

En relación con la capacidad de almacenamiento de GLP a nivel nacional, se puede decir que, en la actualidad el país tiene una capacidad instalada para el almacenamiento de GLP de 1,318 miles de barriles contándose como proyectos de ampliación por un total de 139 miles de barriles adicionales.

La capacidad de almacenamiento de GLP a nivel de Plantas de Venta, Plantas de Abastecimiento y Refinerías se encuentra distribuida en los departamentos de Piura, Lima, Ica y Ucayali, según se muestra en la Figura 5.

En la Tabla 4, se muestra la actual capacidad de almacenamiento de GLP que tiene el productor Pluspetrol en Pisco.

Tabla 4  
***Capacidad de almacenamiento de GLP en Pluspetrol – Pisco***

Cantidad de Tanques	Tipo de tanque	Producto	Volumen	Unidades
3	Tanque Refrigerado	Propano	30,000	m3
3	Tanque Refrigerado	Butano	15,000	m3
2	Tanque atmosférico	Propano	60,000	Galones
2	Tanque atmosférico	Butano	60,000	Galones
Total: 849 miles de barriles				

Nota. Fuente: Osinergmin - SCOP, 2015

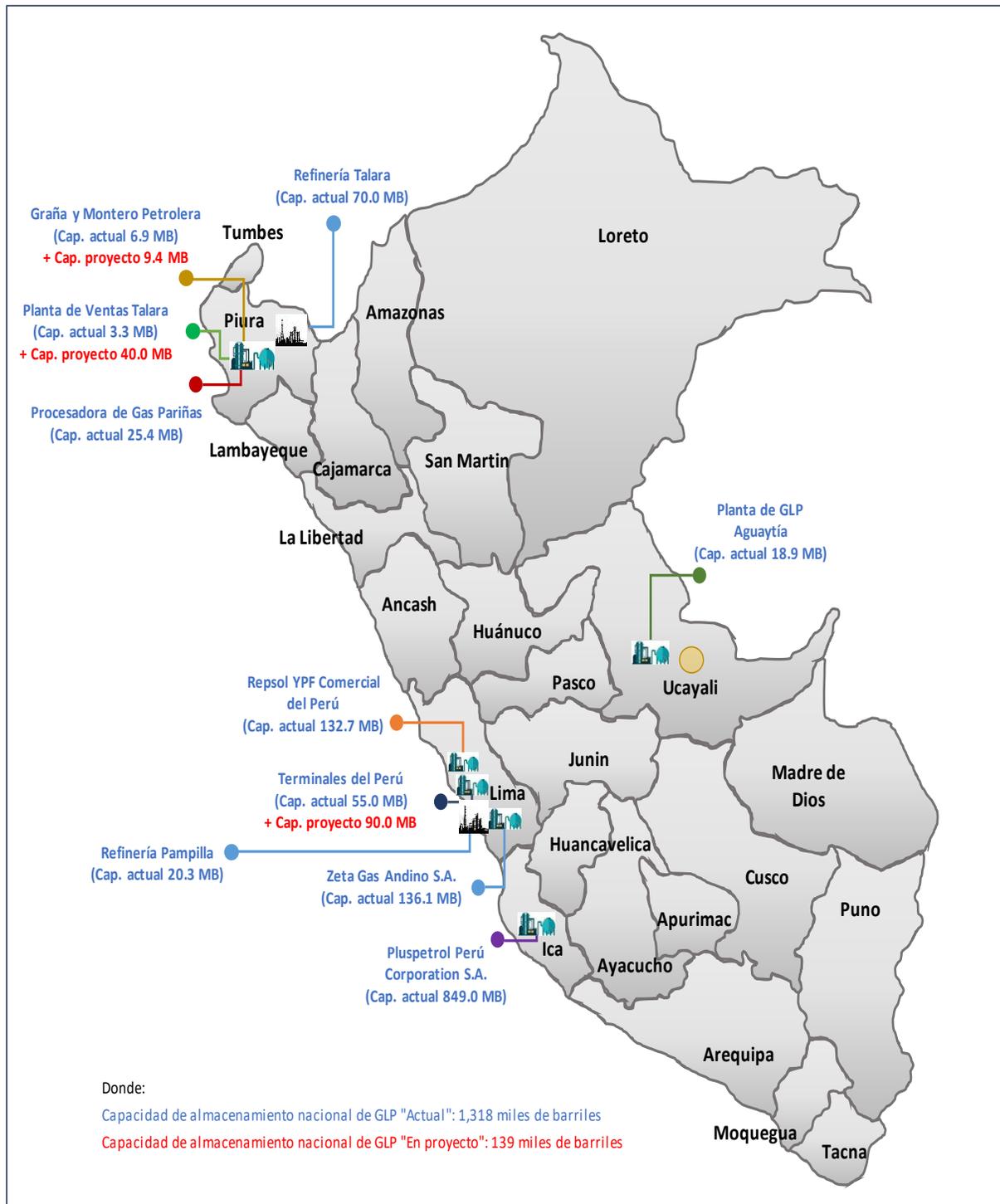


Figura 5. Capacidad actual de almacenamiento de GLP a nivel nacional y nuevos proyectos (en miles de barriles).  
 GFHL-Osinermin (2015).

Si tomamos en cuenta los inventarios de GLP, según se aprecia en la Figura 5, el abastecimiento de las Plantas de Abastecimiento ubicadas en Lima, tales como Repsol, Zeta Gas y Terminales del Perú, se realiza por vía marítima, el cual se ve afectado cuando se presentan oleajes anómalos que impiden el normal desembarco del GLP.

La Figura 6, se presentan los volúmenes de inventarios diarios reportados por los operadores de planta a mayo del 2015.

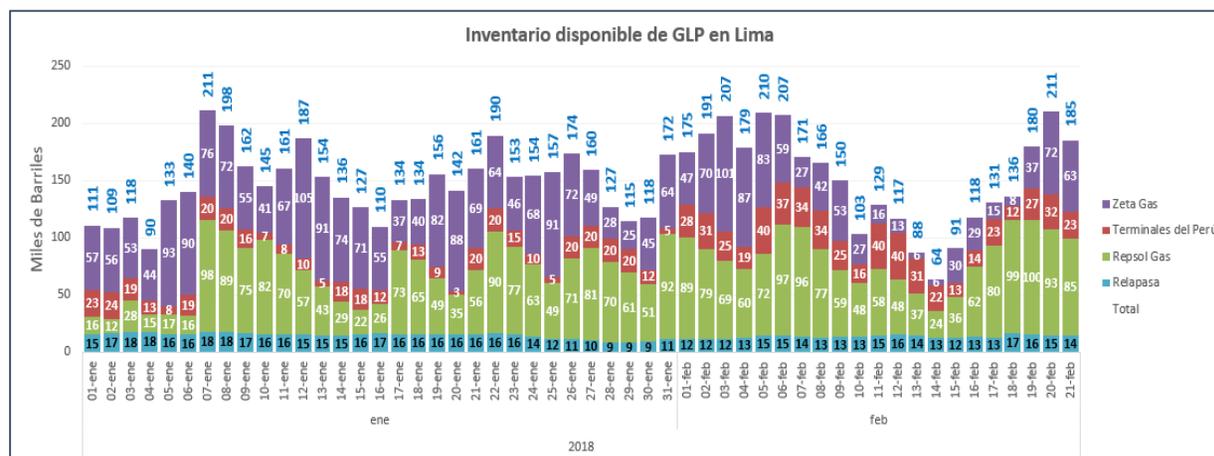


Figura 6. Inventario disponible de GLP en Lima: enero y febrero 2018. Osinergmin – SCOP (2018)

La Figura 7 muestra los inventarios de la Planta Pisco; resulta de interés realizar un seguimiento de la evolución de los inventarios disponibles en la planta Pisco pues desde esta planta se produce básicamente el abastecimiento de la ciudad de Lima y alrededores.



Figura 7. Inventario disponible de GLP en Pisco: enero y febrero 2018. Osinergmin – SCOP (2018)

Ahora bien, considerando la normativa actual vigente, un cálculo de los días de abastecimiento y los resultados para Lima y Pisco mostró una variabilidad entre 3 a 17 días de abastecimiento disponible de GLP para el mes de febrero del 2018, según se observa en las siguientes Figuras:

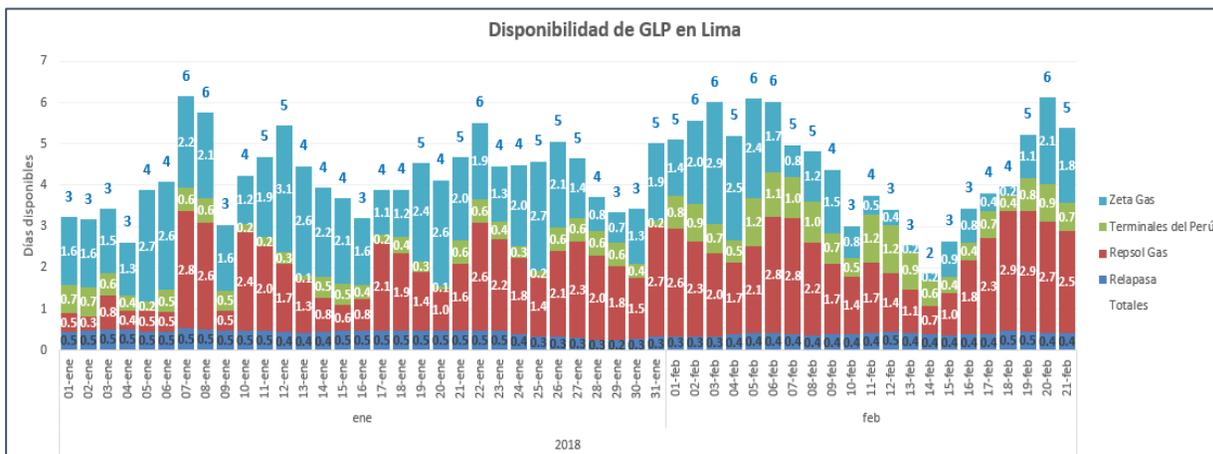


Figura 8. Días de abastecimiento disponible de GLP en Lima: enero y febrero 2018. Osinergmin - SCOP (2018)



Figura 9. Días de abastecimiento disponible de GLP en Pisco: enero y febrero 2018. Osinergmin - SCOP (2018)

Un estudio de las reservas de seguridad para el suministro de combustibles identifica una norma sobre Existencias de GLP. Cabe mencionar que, durante el primer semestre del 2004, la producción nacional de GLP no fue suficiente para abastecer la demanda nacional siendo necesaria su importación. Con el inicio de las operaciones de la Planta de Fraccionamiento de Líquidos de Gas Natural de Pluspetrol, el Perú pasó de ser importador a ser exportador de dicho producto, haciendo que agentes que antes realizaban actividades de importación, actúen como comercializadores locales a través de Plantas de Abastecimiento de GLP, de acuerdo con el Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo, aprobado por Decreto Supremo N° 045-2010-EM.

A través de esta norma fue modificado un artículo del Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 01-94-EM, estableciendo que todos los agentes que almacenan GLP en Plantas de Abastecimiento se encuentran obligados a mantener una existencia media de dicho producto que equivale a quince días de despacho promedio de los últimos seis meses. La misma norma establece la posibilidad de disponer de dichas existencias cuando la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) declara la existencia de una situación que afecta el abastecimiento de GLP.

El decreto mencionado también estableció un plazo de adecuación para que los agentes obligados que no contasen con capacidad de almacenamiento necesaria para cumplir con la

obligación puedan construir la infraestructura necesaria, con base en un cronograma que no debía exceder de 18 meses. Así, el artículo Art. 2 del D.S. 045-2010-EM dispone que “En caso de que los obligados no cuenten con capacidad de almacenamiento, deberán presentar una solicitud y un cronograma que no deberá exceder de 18 meses. Dicha documentación deberá presentarse en un plazo máximo de 30 días y la DGH en un plazo máximo de 30 días emitirá pronunciamiento previa opinión favorable de OSINERGMIN emitida en 5 días. Durante los plazos de adecuación señalados, no será exigible la mencionada obligación”. Actualmente, varios de los agentes obligados se encuentran desarrollando proyectos de ampliación de su capacidad de almacenamiento sin que, a la fecha, hayan concluido con el desarrollo de esta infraestructura.

Asimismo, el decreto señala que las Plantas de Producción y Plantas de Abastecimiento debieran contar con facilidades de despacho para transporte terrestre suficiente para atender la demanda si se produjera casos de emergencia, estableciendo que en caso fuera necesario ampliar sus facilidades de despacho esto debe implementarse en un plazo máximo de un (01) año, contado desde la emisión del pronunciamiento de la DGH sobre las facilidades de despacho con las que contasen. No obstante, de la información presentada en su oportunidad por los agentes obligados a mantener el inventario de GLP, se advirtió que el plazo de 18 meses de adecuación de instalaciones para cumplir con lo establecido en la norma resultaba insuficiente.

La situación presentada determinó que, al no ajustarse al plazo máximo de adecuación fijado en la norma, las solicitudes fueran denegadas por la Dirección General de Hidrocarburos, y la publicación, en dos oportunidades, de proyectos de Decreto Supremo que modificarían la obligación contenida en el D.S. 045-2010-EM. No obstante, a la fecha, ninguno de los proyectos publicados para comentario, han sido aprobados, manteniéndose esta situación.

Actualmente, la condición de país exportador de GLP ya ha sido revertida a país importador, debido al acelerado incremento de la demanda de GLP y ante el retraso en el aumento de capacidad de almacenamiento.

Debido a los problemas de abastecimiento normal de GLP ocurrido entre los meses de abril y mayo del 2015, se produjo una modificación de la norma de Existencias y Medidas Alternativas; con fecha 16 de junio de 2015, se publicó en el Diario Oficial El Peruano el D.S. 015-2015-EM. Dicha norma modifica, a partir del 17 de junio de 2015, el artículo 8° del Reglamento para la Comercialización de GLP (D.S. 01-94-EM).

La norma establece la obligación de mantener, tanto Existencias Medias equivalentes a quince (15) días de despacho al mercado nacional, promedio de los últimos seis (6) meses así como Existencias Mínimas almacenadas de GLP, equivalentes a cinco (5) días de despacho promedio de los últimos seis (6) meses, las mismas que deben mantenerse en todo momento del día, para todos los agentes que realicen ventas de dicho producto a partir de Plantas de Abastecimiento y que cuenten con capacidad de almacenamiento propia o contratada en dichas instalaciones.

El artículo 2° del D.S. 015-2015-EM establece, como alternativa, que los agentes que no cuenten con capacidad de almacenamiento para cumplir con las existencias, en un plazo que no excederá de diez (10) días calendario, deberán presentar, para aprobación de Osinergmin, medidas alternativas a implementarse en un plazo máximo de 30 días calendario, contados a partir de la entrada en vigencia de la norma, “tales como almacenamiento flotante y/o fijo que garanticen el cumplimiento de la obligación (...)”.

En cuanto a la exoneración de la obligación de mantener Existencias de GLP, en uso de la facultad concedida a la DGH por el artículo 8° del Reglamento para la Comercialización de GLP, dicha dirección estableció como medida temporal que “todos los agentes que almacenen GLP en Plantas de Abastecimiento puedan disponer de las existencias de GLP desde el mes de mayo de 2015”. Esta disposición fue comunicada a los agentes obligados y a Osinergmin mediante oficio N° 668-2015-EM-DGH. De igual forma, a través del Oficio N° 829-2015-MEM/DGH y el Oficio N° 804-2015-MEM/DGH, la DGH informó al Osinergmin, la necesidad de mantener la medida de excepción.

Como resultado, la exoneración dispuesta desde mayo de 201, por la DGH, ha mantenido vigente y resulta aplicable a la totalidad de las existencias (Medias y Mínimas). Asimismo, en tanto se mantenga la excepción, no resulta legalmente válida la aplicación de sanciones por incumplimientos a la obligación, correspondiente al período mayo 2015 en adelante. Esto ha sido ratificado en octubre del 2017, fecha en la que se dispuso que la exigencia del cumplimiento de existencias mínimas se debe realizar a partir del 01 de noviembre del 2018.

### **3.2. Marco conceptual**

El subsector Hidrocarburos, con el objetivo de uniformizar las definiciones y criterios para el tratamiento de la información estadística, así como para establecer los requisitos que deben cumplir los inversionistas utiliza una serie de términos, principalmente para tramitar el registro de hidrocarburos correspondiente. Este registro permite a las empresas, ingresar al mercado de hidrocarburos en el Perú; es decir, desarrollar las actividades de transporte, procesamiento, distribución y comercialización de derivados del petróleo y del gas natural.

Con la finalidad de precisar el significado de algunos términos utilizados en la investigación, se explican a continuación aquellos mayormente nombrados:

- a) BARRIL. Es una unidad de medida de capacidad de los hidrocarburos líquidos, consistente en cuarenta y dos (42) galones americanos corregidos a la temperatura de 15,55 °C (60 °F), a la presión del nivel del mar, sin tomar en cuenta la presencia de agua, barro u otros sedimentos.
- b) CILINDRO PARA GLP. Es un envase portátil fabricado de acero, también denominado balón, utilizado para contener el GLP y que, por su forma, peso y medidas, facilita su manipuleo, transporte e instalación. El GLP, se comercializa para uso domiciliario básicamente en cilindros de 10 kg.
- d) DISTRIBUIDOR EN CILINDROS. En la comercialización de GLP, es la persona natural o jurídica que, debidamente autorizada por el registro de hidrocarburos respectivo, se dedica a

su comercialización en cilindros, para lo cual cuenta con depósitos, áreas o vehículos exclusivos.

- e) GAS LICUADO DE PETROLEO, (GLP). Es una mezcla de hidrocarburos que, a condiciones normales de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a temperatura normal y presión moderadamente alta es licuable. Usualmente está compuesta de propano, butanos, propileno y butilenos o una mezcla de éstos. En determinados porcentajes forman una mezcla explosiva. Se le almacena en estado líquido, en recipientes a presión.
- f) IMPORTADOR. Es toda aquella persona, natural o jurídica, que importa al país combustibles y otros productos derivados de los hidrocarburos para su comercialización dentro del país.
- g) PLANTA DE ABASTECIMIENTO. Es la instalación dentro de un bien inmueble donde se realizan operaciones de recepción, almacenamiento, transferencia, agregado de aditivos y despacho de combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos.

Estas instalaciones están prohibidas de realizar mezclas con excepción de las referidas a combustibles industriales (IFO) mezclados en línea, además de las vinculadas a biocombustibles, requiriendo para ello instalaciones especiales, aprobadas por el OSINERGMIN, que garanticen una adecuada homogenización de las mezclas y su conformidad con lo establecido por las normas técnicas peruanas. Dichas instalaciones especiales deberán considerar en todos los casos almacenamiento dedicado.

El despacho de combustibles líquidos y de otros productos derivados de los hidrocarburos podrá realizarse en cilindros si la Planta cuenta con instalaciones adecuadas para dicha tarea.

Debe considerarse que una planta de abastecimiento se constituye como un centro de distribución de derivados de petróleo y de gas natural dentro de la cadena de comercialización de estos productos.

- h) PLANTA DE PRODUCCION DE GLP. Es una instalación dentro de un bien inmueble, en el que los hidrocarburos pueden ser sujeto de procesamiento con el objeto de producir propano, butanos o mezcla de éstos. En este tipo de instalaciones se incluyen las refinerías y las plantas de procesamiento de condensados de gas natural.
- i) PLANTA ENVASADORA DE GLP. Es un establecimiento especial e independiente en el que una empresa envasadora almacena GLP con la finalidad de envasarlo en cilindros o trasegarlo a camiones cisterna.

### **3.3 Marco teórico de las relaciones causales**

#### **3.3.1 Cadenas de valor**

Es necesario establecer las cadenas de valor del Gas Natural y de Hidrocarburos Líquidos, en las que se encuentra inmersa la producción de GLP con la finalidad de establecer las relaciones causales. Al tener identificadas las etapas de cada cadena de valor, se desarrolla el mapa de eventos peligrosos y sus respectivos riesgos; el mapa resultante es validado mediante el uso del juicio experto con la participación de los propios involucrados. Luego, de la identificación de todos los eventos que potencialmente dan lugar a los riesgos que, si se materializan, afectarán la producción y, por ende, el abastecimiento de este combustible, se identifican las variables a operacionalizar.

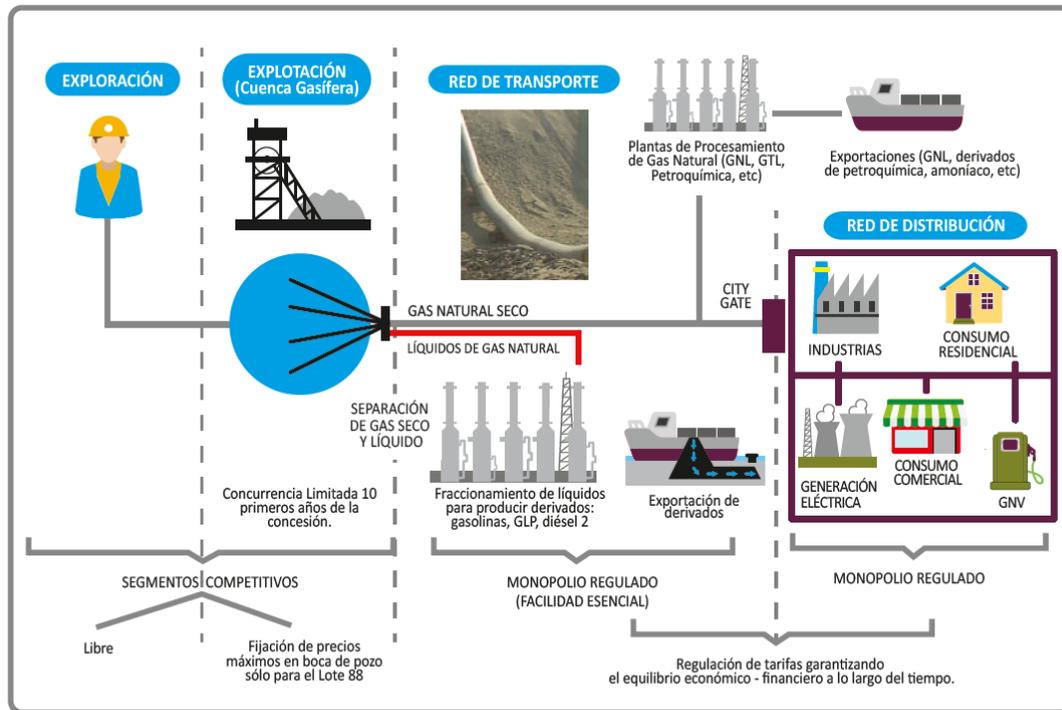
La cadena de valor del gas natural se inicia con la etapa de producción, que consiste en extraerlo del subsuelo a través de la perforación hasta llegar a los yacimientos ubicados ya sea en costa firme o costa afuera, para llevarlos a la superficie. La siguiente etapa es la separación, en la que el gas natural una vez que se encuentra en la superficie es sometido a un proceso de separación del petróleo, condensado y agua (en el caso de gas asociado) en recipientes metálicos a presión llamados separadores. El gas producido es, esencialmente, metano, pero con una proporción relativamente alta de hidrocarburos más pesados que constituyen la riqueza del gas natural. El gas libre no requiere separación por lo que va directamente a tratamiento. La etapa

de tratamiento es la etapa previa a la de procesamiento y se realiza para eliminar las impurezas como el agua, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), helio, sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), entre otras.

En la etapa de compresión, el gas seco es comprimido en los compresores con la finalidad de aumentar la presión y enviarlo al sistema de transporte y distribución para consumo industrial o doméstico, o para reinyectarlo a los yacimientos. La etapa de extracción de líquidos consiste en someter al gas natural rico, libre de impurezas, a un proceso de separación del metano de los líquidos de gas natural constituidos por etano, propano, butanos, pentanos (gasolina natural) y nafta residual. En la etapa de fraccionamiento, los líquidos de gas natural se envían a las plantas de fraccionamiento en donde se produce la separación de los componentes livianos como etano, propano, normal butano e isobutano, de la gasolina natural y nafta residual, los que son almacenados en forma refrigerada y presurizada, usualmente, en tanques esféricos.

En la etapa de licuefacción, el gas natural tratado es sometido a un proceso de enfriamiento a  $-160\text{ }^\circ\text{C}$  y presión atmosférica para obtener el gas natural licuefactado (GNL). En este proceso el volumen del gas es reducido unas 600 veces, lo que permite su transporte por vía marítima a menores costos. La mayoría de los tanques de GNL son esféricos de tipo Moss, capaces de transportar entre 125 mil y 138 mil metros cúbicos de GNL, que al regasificarse representan entre 74 y 79 millones de metros cúbicos de gas natural.

En la etapa de transporte y distribución, el gas metano es transportado en fase gaseosa a través de una red de gasoductos a presiones que no superan los 350 psi. En el Perú, la estructura del suministro de gas natural se puede visualizar a través del diagrama mostrado en la Figura 10.



Fuente y elaboración: OEE –Osinermin.

Figura 10. Estructura del suministro de gas natural en el Perú. Osinermin (2014)

De manera más sencilla, la cadena de valor del gas natural, en sus fases básicas y las actividades que interactúan con fases de la cadena de valor de los hidrocarburos líquidos, se puede resumir en el esquema mostrado en la Figura 11.

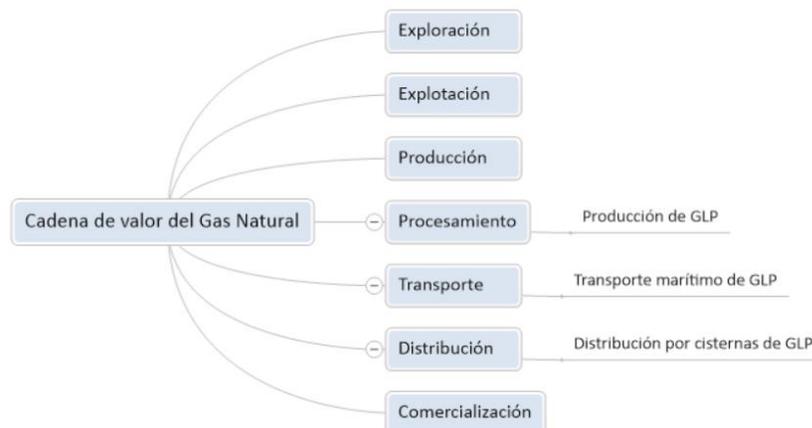


Figura 11. Actividades en la cadena de valor del gas natural. Elaboración propia

En el caso de la cadena de valor de los hidrocarburos líquidos se encuentra que, algunas de las fases básicas, como exploración, explotación y producción, se interrelacionan con las de gas de natural. En la fase de procesamiento, los procesos de refinación ponen en ejecución técnicas de separación y de conversión que permiten producir, a partir del petróleo, una serie de productos comercializables que va desde gases hasta asfalto y coque.

Las diferentes operaciones de tratamiento y transformación que sufre el petróleo exigen conocer, previamente, las características o especificaciones de los productos terminados; la composición de los petróleos y de los productos terminados; las propiedades fisicoquímicas de los hidrocarburos y de las fracciones del petróleo, así como las técnicas de separación y de transformación. Cabe recordar que al petróleo se le denomina crudo cuando ya ha sido extraído del yacimiento y separado del exceso de gas que lo acompaña. Por tanto, es la materia prima que será utilizada en las refinerías para obtener productos intermedios y finales (gasolina, diésel, kerosene, entre otros).

En la etapa de transporte y distribución, básicamente se opera con los productos derivados del petróleo resultantes de los procesos de refinación y conversión, como son: combustible automotor, gas licuado de petróleo (GLP), asfaltos, bases lubricantes, entre otros.

La Figura 12 muestra la cadena de valor de los hidrocarburos líquidos y las etapas en las que se realiza la producción, distribución y comercialización de GLP, en el Perú

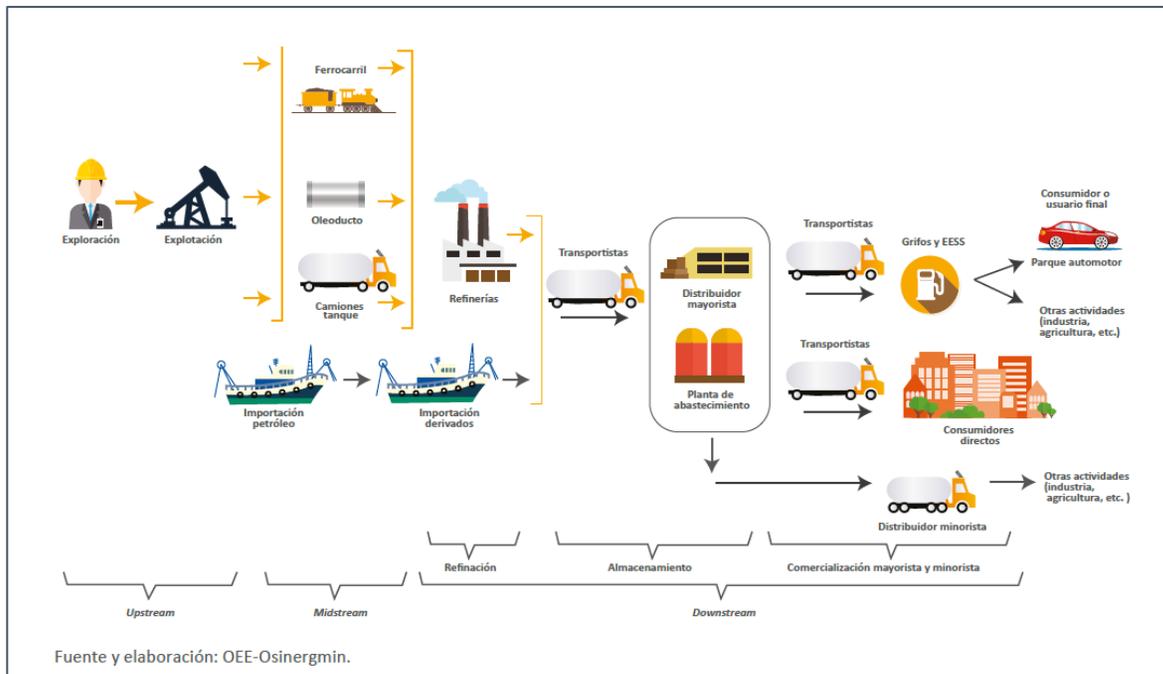


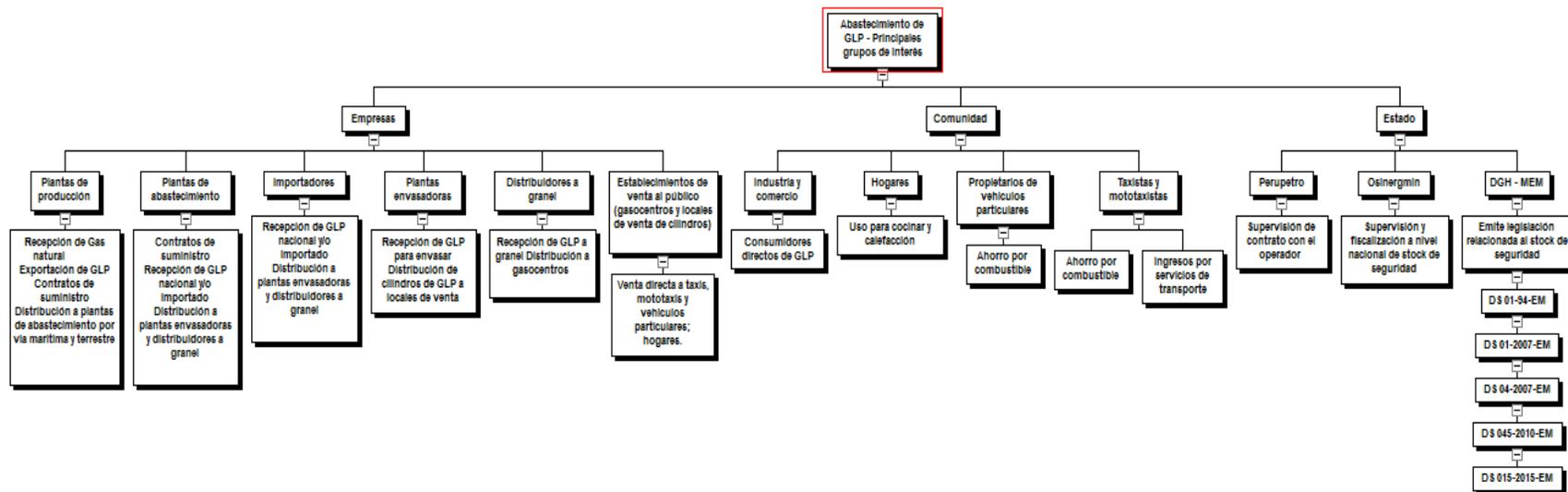
Figura 12. Etapas de producción, distribución y comercialización de GLP, en el Perú. Osinergmin (2015)

Que, de manera más sencilla, se puede expresar como la cadena de valor de los hidrocarburos líquidos, según se muestra en la Figura 13.



*Figura 13.* Esquema simplificado de la cadena de valor de los hidrocarburos líquidos.  
Elaboración propia

La Figura 14 muestra el diagrama de los grupos de interés involucrados en esta problemática; un breve análisis de este diagrama muestra que el grupo Empresas está directamente relacionado con el abastecimiento del combustible al agrupar a los productores, abastecedores, envasadores, distribuidores a granel y establecimientos de venta al público; un segundo grupo, el Estado, es responsable de asegurar que el abastecimiento se realice con normalidad y bajo el cumplimiento de la legislación que contempla la garantía de abastecimiento (stock de seguridad para casos de emergencia) y, finalmente, el tercer grupo, Comunidad, es el que recibe el impacto directo de la falta de este combustible, al no encontrarlo en el mercado o encontrarlo a un precio mayor. Cabe evaluar si en este grupo debe incorporarse a las Comunidades Nativas que tienen un tipo de afectación distinta a la explicada.



*Figura 14.* Grupos de interés involucrados en la problemática del abastecimiento de GLP.  
Elaboración propia

### 3.3.2 Modelos de ecuaciones estructurales

El estudio de las diversas teorías dentro del campo del suministro energético involucra aquellas relacionadas a los campos de la estadística y probabilidades. Bajo el contexto del riesgo, en los procesos de decisión en este entorno, aunque no se conoce con certeza las consecuencias de cada una de las acciones porque se desconoce qué situación tendrá lugar, cada decisor conoce, o puede estimar, las probabilidades de ocurrencia de cada situación antes de un proceso de toma de decisiones. Esto le permite determinar la probabilidad de que se produzca una consecuencia concreta como resultado de una acción determinada. Como la distribución de probabilidad sobre los diferentes estados situacionales es conocida, todos los decisores se enfrentarán a la misma distribución.

La toma de decisiones requiere un análisis de riesgos y éste se aplica a cuestiones diversas como las finanzas (riesgos de un activo negociable), los seguros (riesgos de accidentes), los proyectos de ingeniería (riesgos asociados al proyecto), aspectos relacionados con la salud (riesgos de enfermedades) o los juegos de azar. Todos estos elementos se caracterizan por producir resultados que no se conocen con certeza, pero que se pueden describir por medio de una distribución de probabilidad.

Por ejemplo, el análisis de riesgos se podría utilizar para estudiar los riesgos para el medio ambiente en el que se incurriría si se construyera un poliducto desde la planta Pisco, en el departamento de Ica, hasta un punto de la ciudad de Lima con respecto a la opción de transportar el GLP por mar. El procedimiento del análisis de riesgos implicaría, por lo menos, especificar los atributos relevantes de cada una de las opciones; estimar la distribución de probabilidad de los resultados asociados a cada opción como, por ejemplo, la distribución de probabilidad de accidentes con implicaciones medioambientales para los dos tipos de transporte y evaluar esos resultados inciertos para proceder a la elección de una alternativa.

Las buenas prácticas establecen que la principal herramienta para estimar el riesgo es el uso de datos históricos; así, su análisis estadístico permite obtener la frecuencia, la varianza y la covarianza. Esta última se utiliza, por ejemplo, en el análisis de los activos financieros. El problema

es que para sucesos poco frecuentes el análisis estadístico suele ser de poca utilidad. Otros dos instrumentos utilizados para el análisis de riesgos son los árboles de decisión y los árboles de fallos —que pueden agregar las probabilidades a los posibles sucesos que componen las secuencias que conducen a un resultado— o la selección de componentes que tienen definidos un límite para los rendimientos ajustados a riesgos.

Por otro lado, en los procesos de decisión bajo incertidumbre, el tomador de decisiones también desconoce cuál de las situaciones ocurrirá. Pero, además, no puede cuantificar de alguna forma esta incertidumbre; es decir, las probabilidades de ocurrencia de cada situación no son conocidas, no se pueden estimar objetivamente, ni se pueden medir con frecuencias. Esta situación es la que ha afectado el desarrollo de la inversión en infraestructura de almacenamiento de GLP en el Perú.

Una práctica útil pero poco utilizada en el Perú es el análisis de escenarios; éste, así como los criterios que utilizan probabilidades subjetivas, son los métodos para la toma de decisiones que podría utilizarse para el análisis de los sistemas energéticos globales y valorar los riesgos energéticos en el país. Los escenarios representan las consecuencias de una serie de hipótesis económicas, demográficas y políticas sobre las que no existe necesariamente un consenso, ya que reflejan diferentes alternativas sobre el futuro. Los escenarios pueden ser cualitativos y/o cuantitativos. Pero, podría confundirse con proyecciones de tendencias del presente, ya que no se basan en una predicción o previsión, sino en la de plantear distintas opciones o posibilidades futuras. Así, resulta frecuente diseñar escenarios para explorar diferentes alternativas, algunas de las cuales pueden distar mucho de la tendencia (descubrimientos tecnológicos o científicos, crisis en los sistemas, cambios institucionales o en el comportamiento humano).

La imposibilidad científica de predecir a largo plazo la evolución de los sistemas sujetos a la acción humana, junto con la necesidad práctica de anticiparnos al futuro para mejorar la información disponible con fines de toma de decisiones en la actualidad, ha hecho que la construcción de escenarios sea considerada como una buena opción en un entorno de incertidumbre. Como se ha indicado, los contextos de certeza, riesgo e incertidumbre que indican

el conocimiento que el decisor tiene sobre las situaciones futuras a nivel mundial son los que determinarán el método según el cual se tomarán las decisiones.

Un breve recuento de la historia del modelamiento con ecuaciones estructurales y el modelamiento causal puede iniciarse entre los años 1920 y 1930 con Sewall Green Wright, genetista americano, conocido por sus trabajos en la teoría evolutiva y en el análisis de rutas. Wright, en 1934, combinó sus investigaciones sobre herencia genética con esquemas de rutas para diferentes sistemas de apareamientos con el fin de determinar la correlación genética entre familiares con diversos grados de relación.

Entre los años 1960 y 1970, con los adelantos tecnológicos en computación e informática, Hubert Blalock, en 1964, desarrolló inferencias causales en aplicaciones de investigación no experimental temprana para fenómenos sociológicos, así como el análisis de los efectos directos versus los indirectos.

En 1970 se inició lo que se ha denominado la “Era de la Variable Latente” con Karl Joreskog quien, entre 1970 a 1973, desarrolló el análisis de ruta con variables latentes; la incorporación del análisis factorial como modelo de medición y el análisis de ruta para establecer las relaciones estructurales. Asimismo, se inició el estudio de los modelos de indicadores múltiples más allá de la regresión múltiple.

Un aspecto que destacar es que el avance tecnológico permitió pasar de una etapa en la que el análisis de ruta se hacía manualmente a un trabajo con matrices de correlación; por otro lado, enfatizar que el análisis de ruta ha permitido diferenciar la existencia de correlación con la existencia de causalidad.

Los modelos de ecuaciones estructurales, conceptualmente, vienen a ser combinaciones de técnicas estadísticas cuyo propósito es analizar una serie de relaciones entre una o más variables independientes, usualmente consideradas como variables predictoras o causales, con una o más variables dependientes. Estas variables pueden ser discretas o continuas.

Los modelos de ecuaciones estructurales también son conocidos como modelos causales o análisis de estructuras de covarianzas. Cabe resaltar que el análisis de ruta (Path analysis) y el análisis factorial confirmatorio (AFC) son tipos especiales de modelos de ecuaciones estructurales.

La primera formulación del análisis de la estructura de covarianzas, conocido posteriormente como Lisrel, fue presentado por Jöreskog. La gran ventaja de las estructuras de covarianzas es que permiten analizar el conjunto de relaciones causales simultáneamente entre las variables que propone un modelo. Además de estimar los efectos directos entre variables, se pueden estimar los efectos indirectos generados por variables intervinientes no conocidas previamente (Mueller 1996, citado por Fernández, 2012).

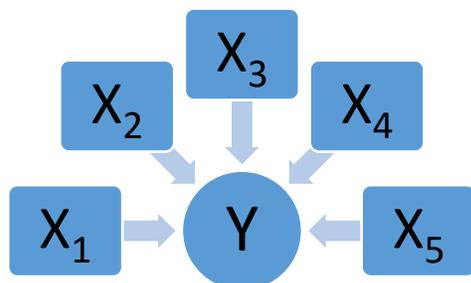
Dentro del contexto que se investiga, si se observa que una o más de las variables independientes hacen variar a las variables dependientes, entonces la variación de estas variables se habrá debido a la variación de las variables independientes descartando otras causas o factores; con ello se podrá comprobar y confirmar en caso no se observe efecto de las variables independientes sobre las dependientes. Por tanto, la existencia de un control nos llevará a confirmar la relación causal existente entre las variables o, en su defecto, la inexistencia del control no permitirá conocer tal relación porque podría haber una correlación o no existir relación alguna. En virtud de que la estrategia debe permitir comprobar la covariación además de realizar una observación controlada, para ello, se debe aislar las variables de estudio.

En este punto, se debe notar que existen conceptos relacionados como el modelamiento causal, el análisis de ruta, el modelamiento de ecuaciones estructurales, las relaciones estructurales lineales (LISREL) y el análisis estructural de covarianzas.

En todos estos casos, se presentan aspectos comunes como el hecho de que involucran sistemas de variables, las cuales están ordenadas secuencialmente (ello implica la existencia de una estructura) o bajo un modelo, lo que implica la existencia de relaciones de causalidad. Los sistemas de relaciones entre las variables están especificados por series de ecuaciones (predictoras o estructurales), de manera semejante al análisis de regresión múltiple. Las ecuaciones estructurales

definen modelos que deben ser probados para verificar el ajuste de información histórica o verificar su ajuste con modelos alternativos (Neff, 2003).

En una regresión múltiple, se cumple:



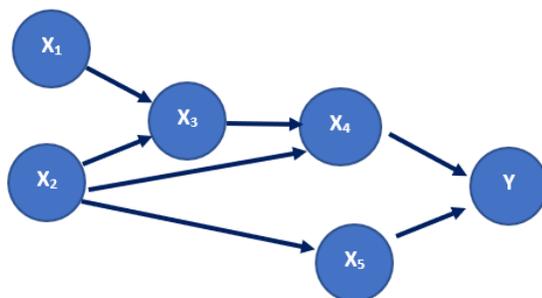
$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + e$$

Donde, Y es una combinación lineal de  $X_i$

$\beta_i$  representa los coeficientes de regresión parcial

Sin embargo, de acuerdo con la ecuación no es posible saber cuáles de las variables independientes son relevantes, si tienen un efecto directo o indirecto, si existe una relación causal o se trata simplemente de una correlación.

Por otro lado, en un modelo causal se muestra un sistema causal mayor, así:



$$Y = X_4 + X_5$$

$$X_3 = X_1 + X_2$$

$$X_4 = X_2 + X_3$$

$$X_5 = X_2$$

Las ecuaciones descritas al lado del diagrama de ruta son ecuaciones estructurales. Según se observa en el diagrama, se presentan rutas entre variables, mostrándose dos clases de efectos, el directo como el que tiene Y, que recibe el efecto de  $X_4$  y  $X_5$ ; el efecto que recibe  $X_3$  de  $X_1$  y  $X_2$ ; el

que recibe  $X_4$  de  $X_3$  y  $X_2$  o el que recibe  $X_5$  de  $X_2$ . El efecto indirecto se evidencia cuando se produce el efecto sobre una variable a través de otra, como es el caso de  $X_4$ , que recibe el efecto de  $X_1$  a través de  $X_3$ ; o el efecto de  $X_1$  sobre  $Y$  a través de  $X_3$  y  $X_4$ .

La Figura 15, muestra un ejemplo de relaciones de causalidad entre las variables involucradas en esta investigación; sin embargo, no todas ellas se encontrarán necesariamente dentro de un modelo de ecuaciones estructurales.

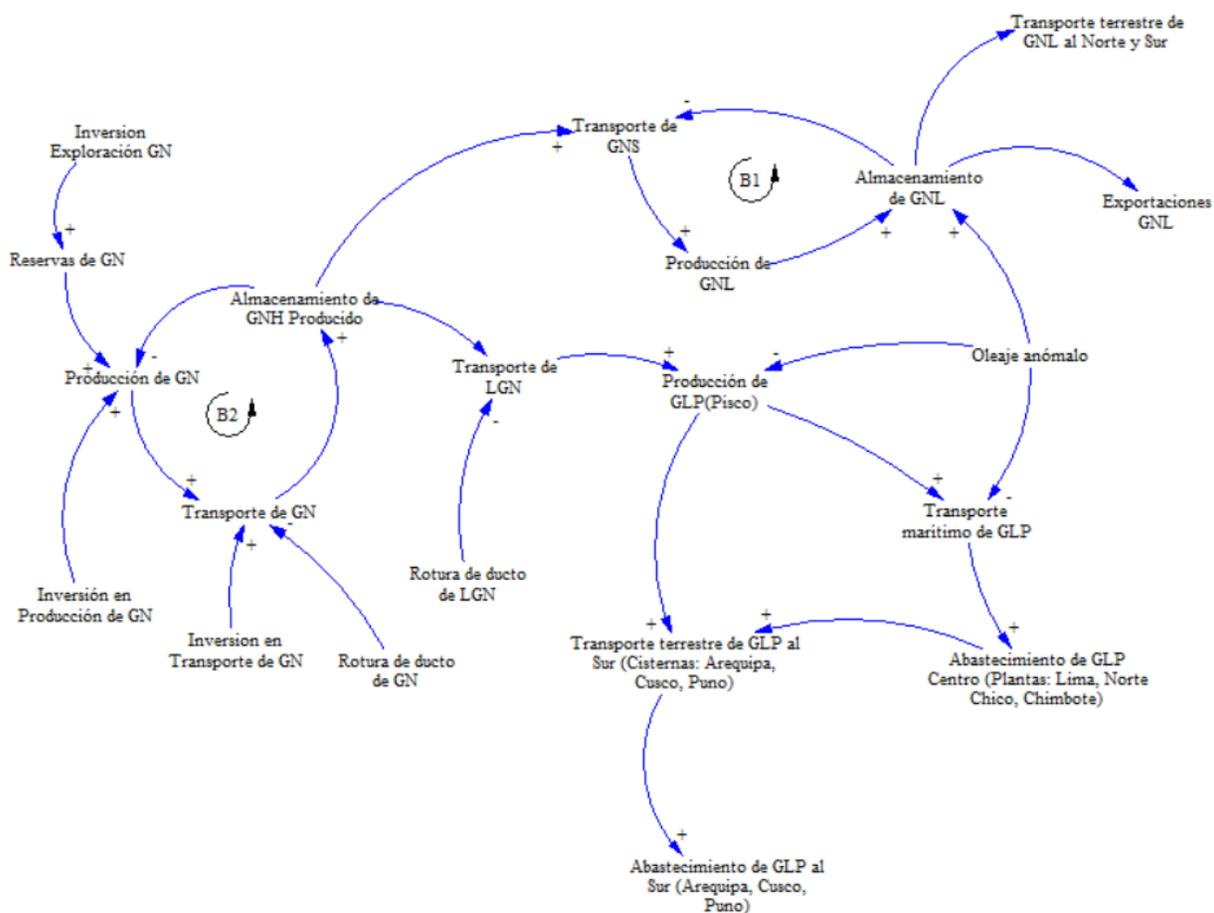


Figura 15. Relaciones causales entre variables.  
Adaniya (2019)

Los análisis de estructuras de covarianza incorporan variables no observables directamente, llamadas variables latentes, que solo pueden ser medidas a través de otras variables directamente observables. En consecuencia, estos modelos incorporan errores de medida que pueden ser

cometidos durante la etapa de recolección de datos; por otro lado, además de trabajar con variables latentes, revelan una relación causal.

La existencia de relaciones estructurales tiene un significado mayor que la existencia de asociación entre variables; es decir, la existencia de correlaciones no es suficiente para que existan relaciones estructurales causales entre variables (Bollen, 1989, citado por Fernández, 2012); sin embargo, los modelos de ecuaciones estructurales establecen una relación de dependencia entre las variables. Así, se trata de integrar varias ecuaciones lineales estableciendo las dependientes e independientes unas de otras en virtud que dentro de un mismo modelo se puede encontrar variables que son independientes en una relación, pero dependientes en otra (Escobedo, 2015).

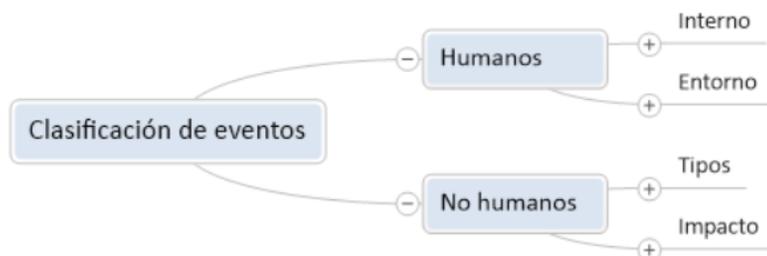
Martínez (2008) establece que la correlación lineal múltiple evalúa el grado en que una variable dependiente continua se relaciona con un grupo de variables continuas e independientes en una combinación lineal. Así, la correlación lineal múltiple es la correlación bivalente entre la variable dependiente y una combinación lineal de las variables independientes o predictoras, que permite predecir las puntuaciones de una variable dependiente a partir de las puntuaciones de las independientes a través del procedimiento estadístico de mínimos cuadrados.

Se ha elegido esta técnica dado que permite determinar la contribución relativa de las variables independientes para la predicción de las variables dependientes involucradas en la problemática del abastecimiento de GLP.

### **3.3.3 Las relaciones causales**

Las relaciones causales se determinan identificando, en primer lugar, los eventos generadores de riesgos (humanos y no humanos) en cada una de las etapas de la cadena de valor de gas natural y la de alguna etapa de otra cadena de valor interrelacionada con la de gas natural, como es la de los hidrocarburos líquidos; en segundo lugar, se determina sus relaciones de causalidad.

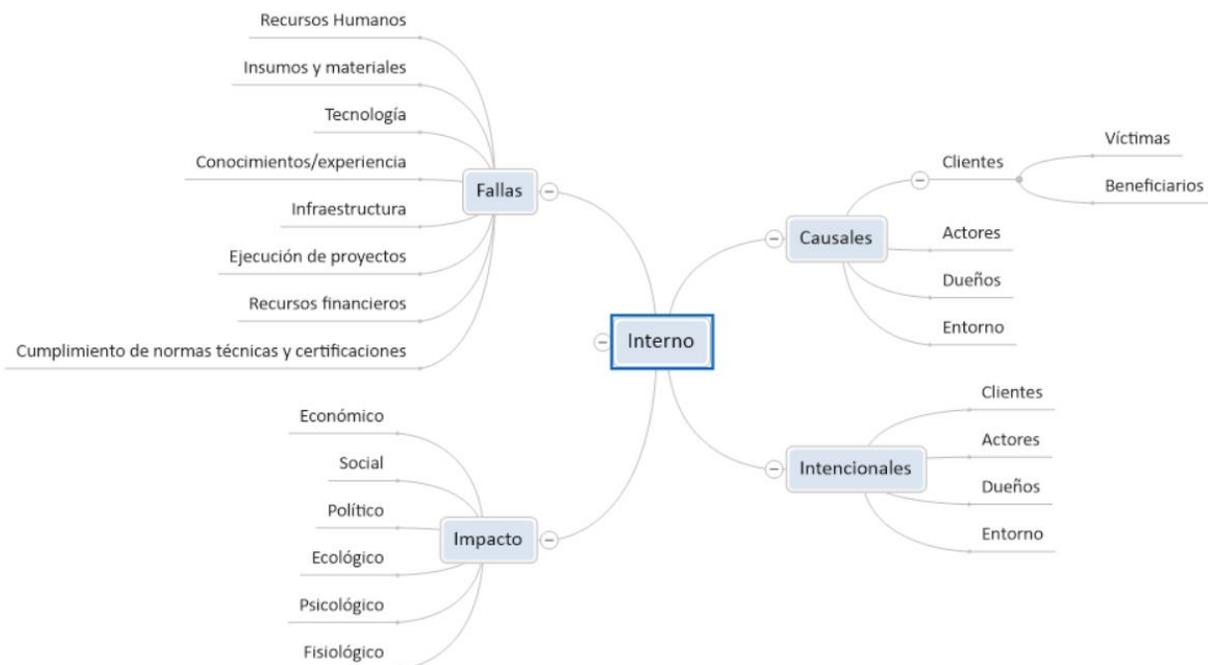
Los eventos peligrosos generadores de riesgos se clasifican en eventos humanos y no humanos, como se muestra en el esquema de la Figura 16.



*Figura 16.* Esquema de la clasificación de eventos peligrosos.  
Elaboración propia

Dentro de los eventos peligrosos generadores de riesgos de tipo humano, se tienen aquellos que provienen del contexto interno o los que provienen del entorno, de la situación en la que se han presentado dichos eventos.

Aquellos que provienen del contexto interno pueden estar relacionados con los incumplimientos de normas y procedimientos, buenas prácticas, calidad de servicio, estado de insumos y materiales, infraestructura, tecnología, información y/o conocimiento, recursos financieros, entre otros. Asimismo, los eventos pueden ser casuales o intencionales, así como ser producto de ciertas fallas y causar impactos de diversa índole tal y como se aprecia en la Figura 17.



*Figura 17.* Esquema de los eventos que provienen del análisis del contexto interno.  
Elaboración propia

Los eventos provenientes del entorno pueden ser producto de atentados, conflictos sociales, falta de seguimiento del comportamiento del mercado, afectación de la imagen institucional, entre otros. Estos eventos pueden ser casuales o intencionales y causar impactos sociales, económicos y políticos. Ver Figura 18.

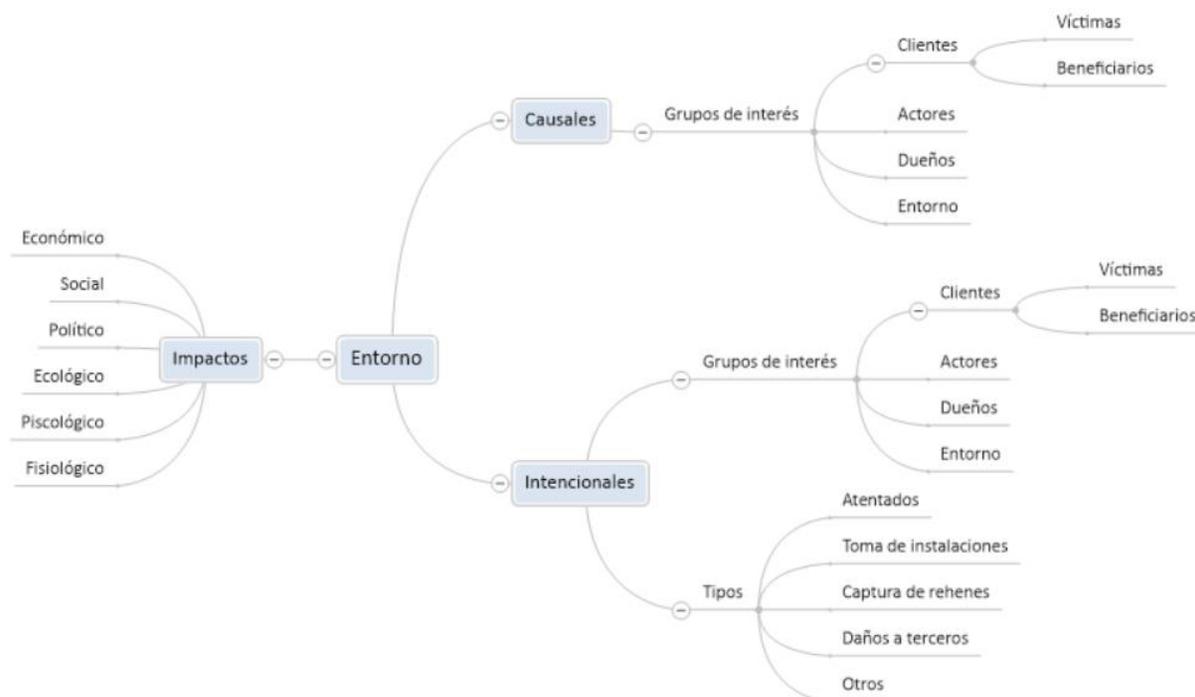


Figura 18. Esquema de los eventos que provienen del análisis del entorno.  
Elaboración propia

Dentro de los eventos peligrosos generadores de riesgos de tipo no humano, se tienen aquellos que se producen por efectos naturales y causan impactos de magnitud, según se observa en la Figura 19.

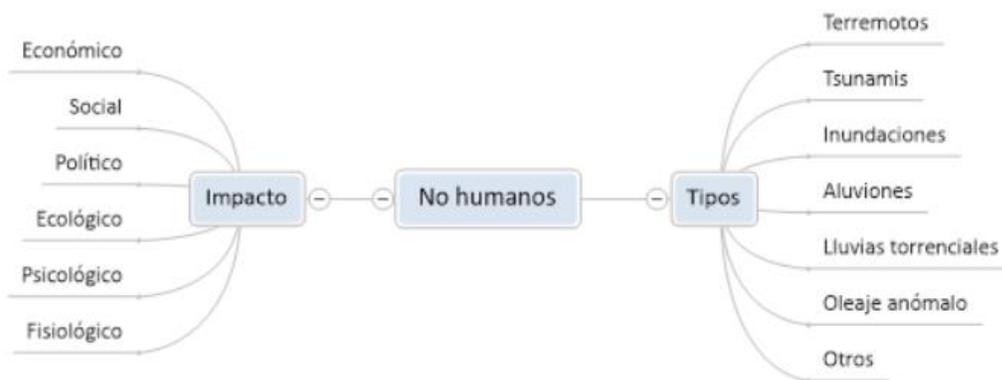


Figura 19. Esquema de los eventos que provienen de eventos no humanos.  
Elaboración propia

Una vez identificados los eventos generadores de riesgos se hace uso de la metodología de la dinámica de los sistemas blandos. En una primera etapa se define la situación no estructurada de la situación problemática a través de la recolección de toda la información posible con el fin de realizar las siguientes acciones que corresponden, en la etapa 2, a definir la situación estructurada. La información que se ha recopilado en forma de situación no estructurada se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5  
*Fuentes de información utilizadas durante la etapa de recolección*

N°	Título	Autor/ Entidad	Año de publicación
16	Informe Estadístico Upstream-Downstream	Estadísticas Ministerio de Energía y Minas	2000-2015
1	La Demanda Agregada de Combustibles Líquidos en el Perú. Documento de Trabajo N° 12	Arturo Vásquez Cordano. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin	2005
1	La Organización Económica de la Industria de Hidrocarburos en el Perú: La comercialización del GLP envasado Documento de Trabajo N° 21	Raúl Pérez Reyes Arturo Vásquez Cordano. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin	2006
1	El Mercado del GLP en el Perú: Problemática y Propuestas de Solución	División de Planeamiento y Desarrollo. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin	2011
1	Informe de Evaluación de Impactos por Restricciones en el Suministro de Gas Natural	Gerencia de Fiscalización de Gas Natural. Gerencia de Fiscalización de Electricidad Osinergmin	2011
1	El Aporte de Osinergmin a la Investigación sobre la Problemática del Sector Energético y Minero	Arturo Vásquez Cordano Raúl García Carpio Humberto Ortiz Ruiz Tatiana Nario Lazo Oficina de Estudios Económicos Osinergmin	2012
1	Reporte de Análisis Económico Sectorial. Sector Hidrocarburos Año1. N° 1.	Oficina de Estudios Económicos Osinergmin	2012
1	Políticas de Subsidio a los Combustibles en América Latina: El Precio del GLP	OLADE	2012
1	Informe Técnico N° 68-2014-OEE/OS Encuesta de Percepción a Empresas Reguladas y Supervisadas – EPERS. Sub Sector Hidrocarburos	Oficina de Estudios Económicos Osinergmin	2013
1	Energy Security in Peru. Camisea and Beyond	Institute of the Americas	2014

1	Plan Energético Nacional 2014-2025	Dirección General de Eficiencia Energética. Ministerio de Energía y Minas	2014
1	Boletín Informativo de Gas Natural	Gerencia de Fiscalización de Gas Natural. Osinergmin	2014
1	Seguridad en el Abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo en el Perú	Luis Aguirre, Manuel Galdo, Kenneth Medina, Cecilia Ychikawa	2015
1	Boletín Informativo de Gas Natural	Gerencia de Fiscalización de Gas Natural. Osinergmin	2015
1	La informalidad y sus manifestaciones en la Comercialización de Combustibles en el Perú. Documento de Trabajo N° 15	Arturo Vásquez José Gallardo Luis Bendezú Julio Salvador Fidel Amésquita Oficina de Estudios Económicos Osinergmin	2015
	Peru. Oil & Gas Report. Q3 Includes 10 year forecasts to 2024	BMI Research Fitch Group Company.	2015
1	Modelo energético dinámico para lineamientos de acción en actividades de Gas Natural al 2040	Gerencia de Fiscalización de Gas Natural. Osinergmin	2015
1	Análisis del mercado de GLP para dos regiones del Perú: Lima y Lambayeque. Documento de Trabajo N° 39	Gerencia de Políticas y Análisis Económico. Osinergmin	2017
1	Reporte semestral del monitoreo del mercado de hidrocarburos. Segundo semestre del 2016. Año 6. N° 9.	Gerencia de Políticas y Análisis Económico. Osinergmin	2017
1	Reporte semestral del monitoreo del mercado de hidrocarburos. Primer semestre del 2017. Año 6. N° 10.	Gerencia de Políticas y Análisis Económico. Osinergmin	2017

Nota. Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis de las fuentes de información recopilada en forma de situación no estructurada, se identifica una serie de variables relacionadas con la problemática del abastecimiento de GLP, las que se muestran en la Tabla siguiente:

Tabla 6  
***Variables involucradas en la problemática del abastecimiento de GLP***

<b>Variable</b>	<b>Unidad de Medida</b>
Producción de Petróleo	Miles de barriles
Producción de Líquidos de Gas Natural	Miles de barriles
Consumo de petróleo	Miles de barriles
Importación de petróleo	Miles de barriles
Reservas de petróleo crudo	Miles de barriles
Reservas de Líquidos de Gas Natural	Miles de barriles
Petróleo procesado	Miles de barriles
Líquidos de Gas Natural procesado	Miles de barriles
Capacidad almacenamiento plantas GLP	Miles de barriles
Cierre de puertos	Días
Producción de GLP	Miles de barriles
Demanda de GLP	Miles de barriles
Importación de GLP	Miles de barriles
Inventario de GLP	Miles de barriles

Nota. Fuente: Elaboración propia

Como siguiente paso, se procede a representar toda la información recopilada en un cuadro pictográfico mostrando las relaciones entre los eventos peligrosos (generadores de riesgos), las variables y los riesgos.

La Figura 20 muestra un cuadro pictográfico en el que se ilustra los efectos e impactos generados por eventos relacionados con el transporte de gas natural, gas natural seco y GLP.

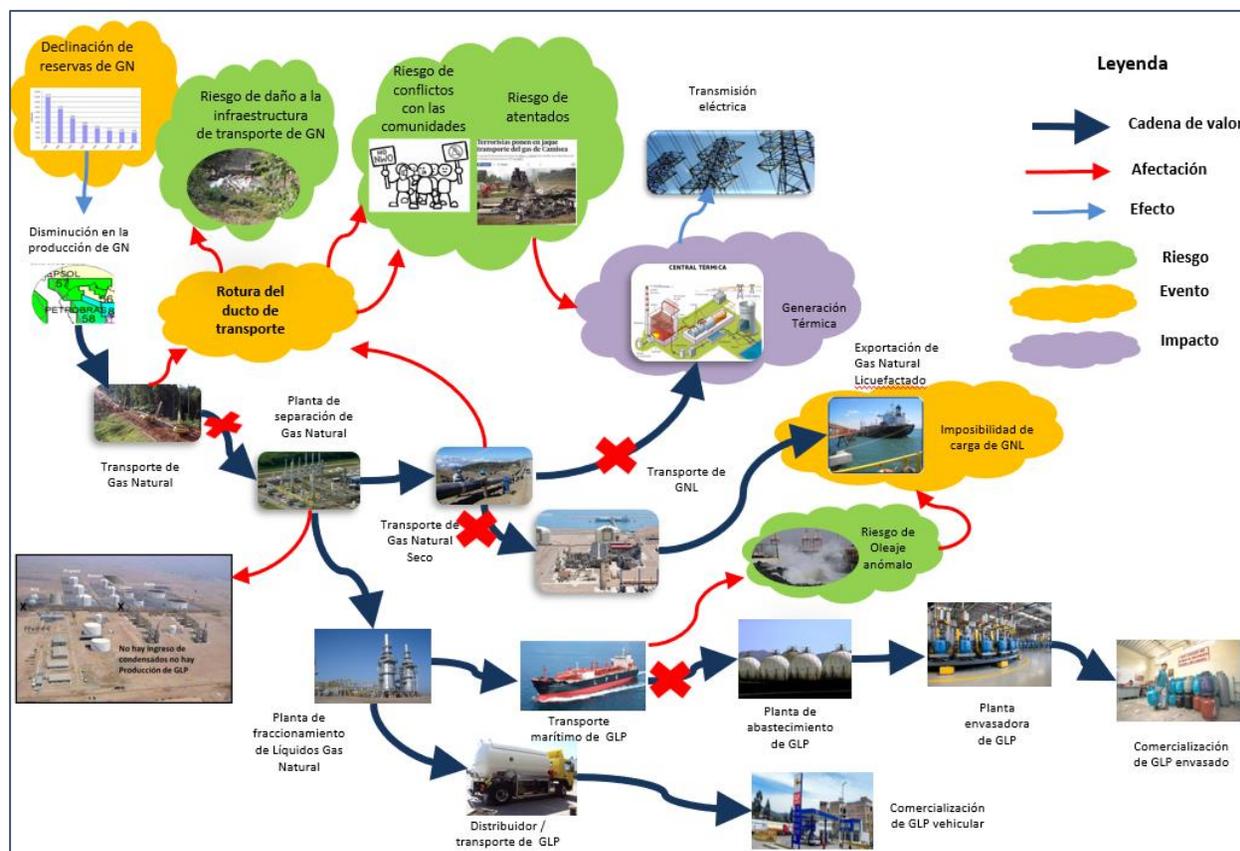


Figura 20. Cuadro pictográfico de eventos y riesgos en el transporte de gas natural. Adaniya (2019)

Una vez concluido el análisis de los eventos, se elabora las definiciones básicas orientadas al problema; para ello, se realiza el análisis de los grupos de interés, el mismo que requiere definir a los Clientes, como aquéllos que pueden ser víctimas o beneficiarios del riesgo materializado. Las víctimas o afectados son aquéllos que sufren un impacto negativo por la materialización del riesgo y los beneficiarios son aquéllos que obtienen un beneficio por la ocurrencia del riesgo. Los Actores son las personas que intervienen directamente en el evento que genera el riesgo y los Dueños son aquéllos involucrados que tienen un determinado nivel de poder para permitir o evitar que el evento generador del riesgo se materialice.

Luego, se procede a identificar su visión del mundo (cosmovisión o Weltanschauung), el nivel y el tipo de relaciones de poder existentes entre ellos, las cuestiones culturales, la manera cómo percibe el problema cada uno de los involucrados y cómo plantean una solución. Estos son,

precisamente, los aspectos que hacen que la situación problemática sea difícil de comprender y de establecer propuestas de solución o de mejora.

A continuación, la Tabla 7 presenta los grupos de interés, identificados como los de mayor relación con la problemática del abastecimiento de GLP, y sus respectivas cosmovisiones.

Tabla 7  
***Cosmovisión o Weltanschauung de los Grupos de Interés de mayor relación con el abastecimiento de GLP***

<b>Grupo de interés</b>	<b>Cosmovisión o Weltanschauung, creencia de que</b>
Ministerio de Energía y Minas del Perú. Minem	el nivel de inversión actual de las operadoras del sector hidrocarburos líquidos es insuficiente pese a que la mayor necesidad es de gas natural por el potencial aumento de la demanda de GLP.
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Osinergmin	Osinergmin no es responsable de la normativa en la industria de gas natural y, por tanto, no tiene que proponer necesariamente, normativa adecuada para la supervisión, fiscalización y regulación del gas natural.
Compañías operadoras de los lotes de gas natural	los niveles de exploración, explotación y procesamiento de gas natural son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible de esta industria
Compañías operadoras de los ductos de transporte de gas natural y de líquidos de gas natural	al incrementar las operaciones de transporte de gas natural, con los sistemas actuales, se incrementarán los riesgos y pérdidas por roturas de los ductos de gas natural y líquidos de gas natural
Plantas de procesamiento de gas natural	los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural son adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP
Refinerías que producen GLP	los niveles de procesamiento de petróleo son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP
Plantas de abastecimiento de GLP	la capacidad de almacenamiento de GLP de las plantas es insuficiente para el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP
Importadores de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son insuficientes para atender la demanda nacional de GLP
Centrales de generación de electricidad	manteniendo las fuentes tradicionales de generación eléctrica, el Perú podrá mantener un crecimiento y desarrollo sostenible.
Ministerio de Ambiente. Minam	la exploración y explotación de Gas Natural genera conflictos sociales y ambientales
Inversionistas Nacionales	no existe un marco legal y social adecuado para aumentar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP
Inversionistas Extranjeros	no existe un marco legal y social adecuado para desarrollar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP
Comunidades indígenas	proyectos de exploración y explotación de petróleo y gas natural impactan las áreas naturales afectando la agricultura y la pesca, principal fuente de alimentación e ingresos.
Usuarios finales de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son suficientes para atender la demanda nacional de GLP

Nota. Fuente: Elaboración propia

La situación problemática requiere que exista una transformación desde la situación real actual hacia una situación deseada; por ello, cada grupo de interés se plantea un proceso de transformación al que se le denomina Sistema de Actividad Humana, lo cual se ilustra en la Tabla 8.

Tabla 8

***Cosmovisión o Weltanschauung de los Grupos de Interés de mayor relación con el abastecimiento de GLP y los Sistemas Relevantes Orientados al Problema***

<b>Grupo de interés</b>	<b>Cosmovisión o Weltanschauung, creencia de que</b>	<b>Sistema Relevante Orientado al Problema. Sistema de actividad humana orientado a,</b>
Minem	el nivel de inversión actual de las operadoras del sector hidrocarburos líquidos es insuficiente pese a que la mayor necesidad es de gas natural por el potencial aumento de la demanda de GLP.	aumentar los niveles de inversión en hidrocarburos líquidos, pese a que la mayor necesidad y demanda de GLP hará aumentar la necesidad de GN en los próximos años por necesidades de crecimiento económico del país
Osinerghmin	Osinerghmin no es responsable de la normativa en la industria de gas natural y, por tanto, no tiene que proponer necesariamente, normativa adecuada para la supervisión, fiscalización y regulación del gas natural.	mantener propuestas normativas respecto de la seguridad y calidad de servicio en la industria de gas natural, que no permiten una adecuada supervisión, fiscalización y regulación.
Compañías operadoras de los lotes de gas natural	los niveles de exploración, explotación y procesamiento de gas natural son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible de esta industria	desaprovechar la explotación íntegra y sostenible del gas natural
Compañías operadoras de los ductos de transporte de gas natural y de líquidos de gas natural	al incrementar las operaciones de transporte de gas natural, con los sistemas actuales, se incrementarán los riesgos y pérdidas por roturas de los ductos de gas natural y líquidos de gas natural	incrementar las pérdidas de gas natural y líquidos de gas natural como producto de las roturas en los ductos de transporte.
Plantas de procesamiento de gas natural	los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural son adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	mantener los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural ante la creencia de contar con las reservas suficientes de líquidos de gas natural.
Refinerías que producen GLP	los niveles de procesamiento de petróleo son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	mantener los niveles de procesamiento de petróleo ante la creencia de contribuir a atender la demanda de GLP en un elevado porcentaje.

Plantas de abastecimiento de GLP	la capacidad de almacenamiento de GLP de las plantas es insuficiente para el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	aumentar la capacidad de almacenamiento de GLP en puntos estratégicos del país.
Importadores de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son insuficientes para atender la demanda nacional de GLP	incrementar los niveles de importación de GLP, por vía marítima y terrestre.
Centrales de generación de electricidad	manteniendo las fuentes tradicionales de generación eléctrica, el Perú podrá mantener un crecimiento y desarrollo sostenible.	usar el GN para la generación de energía eléctrica.
Minam	la exploración y explotación de gas natural genera conflictos sociales y ambientales.	aumentar los conflictos socio - ambientales producidos por las actividades relacionadas con el gas natural.
Inversionistas Nacionales	no existe un marco legal y social adecuado para aumentar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP	mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita una inversión más fluida en exploración de GN.
Inversionistas Extranjeros	no existe un marco legal y social adecuado para desarrollar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP	mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita desarrollar inversiones en explotación del GN
Comunidades indígenas	proyectos de exploración y explotación de petróleo y gas natural impactan las áreas naturales afectando la agricultura y la pesca, principal fuente de alimentación e ingresos.	afectar negativamente las actividades agrícolas, principal fuente de ingresos y de sobrevivencia, mediante exploración y explotación de petróleo y del GN.
Usuarios finales de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son suficientes para atender la demanda nacional de GLP	adquirir mayor cantidad de GLP del necesario por temor a quedarse sin combustible.

Nota. Fuente: Elaboración propia

En este punto es necesario elaborar las definiciones básicas las cuales informan los procesos de transformación que se desarrollan en el mundo real, desde cada cosmovisión de los grupos de interés, con relación a la problemática del abastecimiento de GLP, lo cual se muestra en la Tabla 9.

La elaboración correcta de las definiciones básicas se basa en el análisis del CATWDE, según se observa en la Figura 21, lo cual puede ser mejorado a través de procesos de retroalimentación permanente.

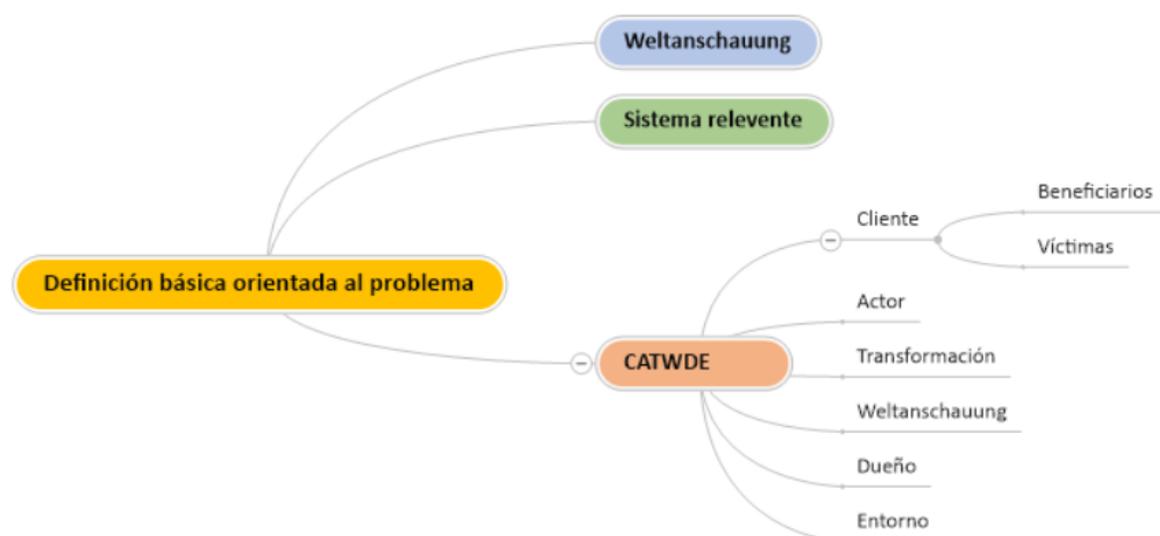


Figura 21. Definición básica y los elementos que la definen.  
Elaboración propia

Tabla 9  
*Definición básica y los elementos que la definen*

Grupo de interés	Cosmovisión o Weltanschauung, creencia de que	Sistema Relevante Orientado al Problema, sistema de actividad humana orientado a	Definición básica. Sistema de actividad humana
Minem	el nivel de inversión actual de las operadoras del sector hidrocarburos líquidos es insuficiente pese a que la mayor necesidad es de gas natural por el potencial aumento de la demanda de GLP.	aumentar los niveles de inversión en hidrocarburos líquidos, pese a que la mayor necesidad y demanda de GLP hará aumentar la necesidad de GN en los próximos años por necesidades de crecimiento económico del país	Del Minem y Perupetro, orientado a promover las inversiones en hidrocarburos, especialmente en gas natural.  Este proceso, ejecutado por el Minem y Perupetro, ocurre bajo la creencia de que el aumento de las inversiones en exploración y descubrimiento de nuevos yacimientos de gas natural condensado con la subsecuente explotación permitirá cubrir la demanda creciente de GLP para beneficio de la comunidad peruana y de las comunidades nativas por

			una mayor distribución del canon gasífero reduciendo los conflictos sociales.
Osinerghmin	Osinerghmin no es responsable de la normativa en la industria de gas natural y, por tanto, no tiene que proponer necesariamente, normativa adecuada para la supervisión, fiscalización y regulación del gas natural.	mantener propuestas normativas respecto de la seguridad y calidad de servicio en la industria de gas natural, que no permiten una adecuada supervisión, fiscalización y regulación.	<p>Pertenece a la Presidencia de Consejo de Ministros, Minem y Osinerghmin orientado a proponer normas respecto de la seguridad y calidad de servicio en la industria de Gas Natural, para permitir una adecuada supervisión, fiscalización y regulación de precios.</p> <p>Este proceso, ejecutado por Osinerghmin, considera la creencia de que no se cumplirá con las metas de cubrir la demanda nacional de GLP, a causa del mantenimiento de normas que desalientan las inversiones en ampliación y modernización de plantas y ampliación de capacidad de almacenamiento de GLP a no ser que los entes normativos cubran los vacíos legales existentes.</p>
Compañías operadoras de los lotes de gas natural	los niveles de exploración, explotación y procesamiento de gas natural son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible de esta industria	desaprovechar la explotación íntegra y sostenible del gas natural	<p>Orientado a evitar que se desaproveche la explotación íntegra y sostenible del gas natural.</p> <p>Este proceso será ejecutado por compañías operadoras de los lotes de gas natural</p>
Compañías operadoras de los ductos de transporte de	al incrementar las operaciones de transporte de gas natural, con los sistemas	incrementar las pérdidas de gas natural y líquidos de gas natural como producto	<p>Orientado a incrementar el volumen de operaciones de transporte de gas natural en beneficio de las comunidades de Camisea (Cusco) o perjudicando a comunidades dentro del área de influencia del derecho de vía.</p> <p>Este proceso será ejecutado por empresas transportadoras de gas natural; se lleva a cabo bajo la posibilidad del aumento</p>

gas natural y de líquidos de gas natural	actuales, se incrementarán los riesgos y pérdidas por roturas de los ductos de gas natural y líquidos de gas natural	de las roturas en los ductos de transporte.	de sabotajes y conflictos con las comunidades; el otorgamiento de licitaciones sin un adecuado estudio previo de suelos generando un trabajo deficiente al momento de instalar los ductos de transporte del GN y LGN; aumento de deslizamientos por fenómenos naturales; contaminación ambiental y considerando la creencia de que al incrementar el volumen de operaciones de transporte de gas natural puede incrementarse las pérdidas por roturas o tomas de instalaciones.
Plantas de procesamiento de gas natural	los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural son adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	mantener los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural ante la creencia de contar con las reservas suficientes de líquidos de gas natural.	Orientado a evitar desaprovechar la oportunidad de ampliar sus instalaciones para elevar los niveles de procesamiento de líquidos de gas natural provenientes de otras fuentes.  Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros bajo la supervisión de Osinergmin.
Refinerías que producen GLP	los niveles de procesamiento de petróleo son los adecuados para aprovechar el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	mantener los niveles de procesamiento de petróleo ante la creencia de contribuir a atender la demanda de GLP en un elevado porcentaje.	Orientado a aumentar los niveles de procesamiento de petróleo pesado ante la creencia de contribuir a atender la demanda de GLP en un elevado porcentaje.  Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros bajo la supervisión de Osinergmin.
Plantas de abastecimiento de GLP	la capacidad de almacenamiento de GLP de las plantas es insuficiente para el desarrollo integral y sostenible del abastecimiento de GLP	aumentar la capacidad de almacenamiento de GLP en puntos estratégicos del país.	Orientado a aumentar la capacidad de almacenamiento de GLP sin considerar otros puntos estratégicos del país.  Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros bajo la supervisión de Osinergmin

Importadores de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son insuficientes para atender la demanda nacional de GLP	incrementar los niveles de importación de GLP, por vía marítima y terrestre.	<p>Orientado a incrementar los niveles de importación de GLP por vía marítima y terrestre sin considerar la posibilidad de consumir la producción nacional.</p> <p>Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros.</p>
Centrales de generación de electricidad	manteniendo las fuentes tradicionales de generación eléctrica, el Perú podrá mantener un crecimiento y desarrollo sostenible.	usar el GN para la generación de energía eléctrica.	<p>Orientado a usar GN para la generación de la energía eléctrica.</p> <p>Este proceso será ejecutado por los inversores nacionales o extranjeros bajo la supervisión de COES y Osinergmin.</p>
Minam	la exploración y explotación de gas natural genera conflictos sociales y ambientales.	aumentar los conflictos socio - ambientales producidos por las actividades relacionadas con el gas natural.	<p>Este proceso será ejecutado por Gobiernos Locales y Regionales, Comunidades Indígenas y la Población del área de influencia directa, ONG ambientalistas, Minam.</p> <p>Se lleva a cabo bajo la implantación de políticas de libre mercado con rigurosidad en los estudios ambientales, en contratos estatales de GN evitando la creación de conflictos sociales a causa de la contaminación de la flora, la fauna, aire, ríos, tierra; y considerando creencia de que la explotación de GN genera conflictos sociales y ambientales.</p>
Inversionistas Nacionales	no existe un marco legal y social adecuado para aumentar inversiones en explotación de gas natural y producción de GLP	mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita una inversión más fluida en exploración de GN.	<p>Orientado a promover la existencia de un marco legal y social que permita una inversión más fluida en la exploración del GN.</p> <p>Este proceso será ejecutado por el Minem.</p>
Inversionistas Extranjeros	no existe un marco legal y social adecuado para desarrollar inversiones en explotación de gas	mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita desarrollar	Orientado a promover la existencia de un marco legal y social que permita mayor inversión en exploración de GN evitando la utilización

	natural y producción de GLP	inversiones en exploración del GN	de normativa de un contexto distinto al peruano.
			Este proceso será ejecutado por el Minem.
Comunidades indígenas	proyectos de exploración y explotación de petróleo y gas natural impactan las áreas naturales afectando la agricultura y la pesca, principal fuente de alimentación e ingresos.	afectar negativamente las actividades agrícolas, principal fuente de ingresos y de sobrevivencia, mediante exploración y explotación de petróleo y del GN.	Orientado a evitar afectar negativamente las actividades agrícolas, principal fuente de ingresos y de sobrevivencia, mediante la exploración y explotación de petróleo y del GN.  Este proceso será ejecutado por el Ministerio de Cultura, Ministerio de Agricultura, Minem, Minam.
Usuarios finales de GLP	los niveles de procesamiento de petróleo y gas natural son suficientes para atender la demanda nacional de GLP	adquirir mayor cantidad de GLP del necesario por temor a quedarse sin combustible.	Orientado a satisfacer la demanda de GLP evitando el acaparamiento y la especulación.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos estos aspectos, de continuar desarrollando el modelo se tendría que establecer los modelos conceptuales orientados al problema, que establecerán el cómo realizar la transformación requerida para resolver la problemática. Esto implica la generación de una serie de actividades para el logro de la transformación deseada por cada tipo de grupo de interés. Una vez concluida la tarea de elaborar los modelos conceptuales se identifica los verbos centrales que definirán las actividades centrales de los grupos de interés involucrados. Estos verbos, con sus respectivas actividades centrales, se agrupan en concordancia con significados semejantes y en actividades únicas establecidas por consenso. Esto produce un modelo de tarea primaria tentativo en el que se establece el sistema de actividad humana orientado a generar una transformación, identificando al dueño del proceso de transformación, así como a los actores, víctimas y beneficiarios.

Un ejemplo de modelo de tarea primaria tentativo podría ser el sistema de actividad humana orientado a explotar el gas natural, lo cual implica explorar un lote, confirmar un hallazgo, explotar el yacimiento, producir los pozos, transportar el gas natural a las plantas de procesamiento, distribuir el GLP y otros productos derivados del gas natural o transformarlo en productos de mayor

valor agregado; afectando negativamente el equilibrio ecológico de las diferentes regiones donde se realiza la actividad de explotación del gas natural, en la selva amazónica, la sierra y la costa; con probable desaprovechamiento de la oportunidad de avanzar en la integración, seguridad y bienestar de las comunidades a través de un manejo ágil, proactivo, creativo, racional, ético y sostenible de la industria del gas natural.

Este desaprovechamiento podría llevar a una utilización ineficaz e ineficiente del canon gasífero además del incumplimiento de otras metas relacionadas con el desarrollo de este energético y el avance en obras de infraestructura vial, de educación y salud. Asimismo, la superación de barreras burocráticas debido a una normativa inapropiada; considerando también los niveles de inversión requeridos en la oferta (explotación) del gas natural y su rol en la generación de energía eléctrica e impacto sobre otros energéticos.

De acuerdo con el sistema de actividad humana, este proceso pertenece a Osinergmin, al Ministerio de Energía y Minas, al Ministerio del Ambiente, a los inversionistas nacionales y extranjeros, a las Empresas Operadoras que explotan el gas natural, principalmente.

Los beneficiarios de este proceso son las Empresas Operadoras que explotan el gas natural, los inversionistas nacionales y extranjeros, los Gobiernos Locales y Regionales, las Empresas Proveedoras de los Gobiernos Locales, las Poblaciones del Área Directa e Indirecta de influencia de la explotación del gas natural y las Comunidades, entre otros. Como víctimas de este proceso se puede considerar a la Flora, la Fauna, los suelos, el aire, los ríos y las Poblaciones del Área de influencia Directa e Indirecta del gas natural, así como las Comunidades nativas.

Los actores de este proceso son las Empresas Operadoras que explotan el gas natural, Osinergmin, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio del Ambiente, los Gobiernos Locales y Regionales, principalmente.

Este proceso debería ocurrir bajo la implantación de una política de libre mercado evitando el detrimento de la rigurosidad de los estudios ambientales en los contratos estatales de gas natural; la regulación inadecuada del desarrollo de la industria del gas natural en todas sus fases como

consecuencia de un marco legal desactualizado; la existencia de conflictos sociales, inequidad, entre otros aspectos a considerar.

Este modelo de tarea primaria deberá ser validado contra la *weltanschauung*, el sistema relevante orientado al problema, la definición básica orientada al problema, el modelo conceptual orientado al problema por todos los grupos de interés involucrados, con la finalidad de evaluar la consistencia; una vez comprobada la coherencia, pasa a constituirse como el modelo de tarea primaria confirmado y validado.

Una evaluación a partir de este modelo permitirá desarrollar los diagramas de contexto, los diagramas causales y los modelos de dinámica de sistemas orientados al problema; a partir de estos modelos, se confeccionan los diagramas de Forrester, estableciendo indicadores con la finalidad de llegar a modelos de simulación para diferentes escenarios los cuales permiten establecer las variables de especial importancia que requerirán una atención particular utilizando un análisis de sensibilidad apropiado; sin embargo, dada la complejidad de esta tarea, este desarrollo escapa al alcance de esta investigación pudiendo constituir un proyecto de investigación más profunda de la situación problemática del abastecimiento de GLP.

### **3.3.4 La metodología de la dinámica de los sistemas blandos**

El análisis de la situación problemática siguiendo la metodología de la dinámica de los sistemas blandos (Soft System Dynamics Methodology) permite una adecuada definición del problema y los eventos generadores de riesgos o factores críticos que se presentan en el abastecimiento de GLP.

La metodología de la dinámica de los sistemas blandos es utilizada como soporte para expandir y estructurar las formas de pensamiento al intervenir en problemas complejos, en los que se tienen muchos elementos que interactúan entre sí; a más elementos y mayores interacciones, mayor incremento de la complejidad; la metodología fue desarrollada inicialmente para la

resolución de problemas de gestión en las organizaciones, pero ha demostrado ser particularmente útil en el análisis de problemas muy complejos que atañen a la sociedad.

La metodología de los sistemas blandos (Soft System Methodology) fue desarrollada por Peter Checkland a finales de la década del 60 en la Universidad de Lancaster en el Reino Unido. En sus inicios fue utilizada como una herramienta de modelamiento; sin embargo, años más tarde empezó a ser utilizada como un instrumento de aprendizaje y desarrollo de conocimiento. Es decir, mediante ciertas reglas y principios de sistemas es posible estructurar pensamientos relativos al mundo real y desarrollar modelos que contengan elementos descriptivos y normativos, que permitan manejar procesos para actuar de forma organizada y reaccionar ante cualquier cambio que pueda suceder en las acciones que se emprendan.

Un aspecto de la metodología es que asume que cada persona ve el mundo de manera diferente, en función de su cultura, tradiciones, entorno familiar, entorno geográfico, formación y entorno académico, entre otros aspectos; por tanto, comprende y evalúa de manera distinta cada situación, lo que trae como resultado la generación de ideas y propuestas distintas de solución ante un mismo problema. Estas ideas son recogidas y sujetas a discusión, negociación, argumentación y validación, para dar lugar a alternativas de solución.

La filosofía de la metodología de los sistemas blandos se basa en el hecho de que las personas tienen diferentes puntos de vista, muchas veces contrarios, sobre la misma situación. Ello genera el “problema” de saber quién tiene la razón. En este punto, se presenta el concepto de pluralidad y la necesidad de aceptar que se han presentado “problemas” relevantes, de manera que ahora la pregunta es qué se debe hacer para evaluar los diferentes puntos de vista antes de la toma de una decisión y de desarrollar un proceso de intervención.

El análisis que Checkland realizó a través del estudio de los sistemas sociales y sus dinámicas lo llevó a concluir que hay dos paradigmas en el pensamiento de sistemas. El primer paradigma es el paradigma duro, en el que el mundo real es considerado sistémico de forma que las metodologías que se usan para investigar la realidad son metodologías sistemáticas. El segundo paradigma, el paradigma blando, es el que expone al mundo real como un mundo problemático,

pero dentro del cual el proceso de investigación y las metodologías pueden ser sistémicas. Esto involucra una transferencia de la noción de sistematización desde el mundo real hasta el proceso de investigación dentro de este mundo real.

La metodología de los sistemas blandos involucra cuatro principios importantes: el aprendizaje, la cultura, la participación y los “dos modos de pensamiento”. Esto significa que un proceso de investigación comprende un sistema de aprendizaje que, de acuerdo con Checkland, busca administrar tratando de alcanzar acciones organizadas ante un escenario de ideas y eventos cambiantes que interactúan constantemente. Este aprendizaje comprende la percepción, análisis y evaluación de los eventos antes de decidir y tomar acciones, luego de los cuales se generan nuevas percepciones, evaluaciones y acciones emergentes. Esto requiere ser aprendido constituyendo un ciclo continuo de aprendizaje; así, los avances son decididos en términos de importancia, factibilidad cultural y conveniencia sistémica.

Dicho en términos más sencillos, las personas ganan experiencia en aspectos laborales y personales, esa experiencia genera conocimiento que las conduce a tomar acciones con objetivos definidos en diversas situaciones; los resultados de esas acciones generan nueva experiencia las que a su vez generan nuevo conocimiento llegando a establecer un ciclo de experiencia-acción. Esto también se replica en las personas del entorno que observan o se ven afectadas, negativa o positivamente, por el resultado de esas acciones, entrando a su propio ciclo de experiencia-acción.

La importancia de esta metodología es que permite el estudio de una situación del mundo real, considerada como problemática, de una manera no estructurada, desarrollando algunos modelos que se ajusten a una situación con muchos objetivos y múltiples perspectivas. El siguiente paso es desarrollar perspectivas específicas construyendo modelos basados en estas perspectivas para luego compararlos con los del mundo real. Esta comparación podría iniciar un debate que conduzca a una decisión para llevar a cabo una acción con un propósito definido que mejore la parte de la vida real que está bajo análisis.

En suma, se trata de encontrar aspectos acerca de una situación en el mundo real que constituya un conflicto o problema; elegir algunas actividades con propósito definido a las que se

denomina sistemas de actividad humana pertinentes, para luego desarrollar modelos de éstos y usarlos en un análisis comparativo cuestionando la situación del mundo real; finalmente, se debe iniciar un debate para definir una acción con un propósito definido que podría mejorar la situación problemática original.

En este punto es necesario precisar que se presentan dos tipos de problemas, los estructurados y los no estructurados. Los problemas estructurados son los problemas que se encuentran bien definidos y que se pueden formular de manera explícita (el qué) utilizando un lenguaje que establece la disponibilidad de una teoría (el cómo), sustento de sus soluciones y sobre la cual se está de acuerdo. Un problema no estructurado, denominado también situación problema o situación problemática, es el que no se puede formular de manera explícita si no se encuentra una forma simple de hacerlo; no se tiene objetivos claramente definidos, se cuenta con diferentes puntos de vista o no se comprende, o no se tiene claro cuál es el problema (el qué); entonces, debe definirse el qué antes de poder encontrar el cómo. Aquí es donde entra la metodología de los sistemas blandos para tratar de estructurar una situación no estructurada y lograr que, de las múltiples ideas sobre la situación, se logre un acuerdo a fin de encontrar una solución o una mejora a la situación problemática.

En resumen, de acuerdo con Van Mullekom (2000) la metodología apoya el objetivo de resolver o introducir mejoras en diferentes situaciones complejas al activar entre la gente involucrada en la situación, un ciclo de aprendizaje continuo. Este aprendizaje se lleva a cabo mediante un proceso de ensayo y error o proceso iterativo, al usar conceptos de sistemas para reflexionar y debatir las percepciones obtenidas del mundo real, llevando a cabo posteriormente una acción sobre él y de nuevo reflexionando sobre los sucesos que se ocasionaron por el uso de estos conceptos. La reflexión y el debate se estructuran mediante algunos modelos sistémicos, los mismos que son asumidos como dado que no se conoce totalmente la situación problema. El proceso desarrollado por la metodología se representa en la Figura 22.

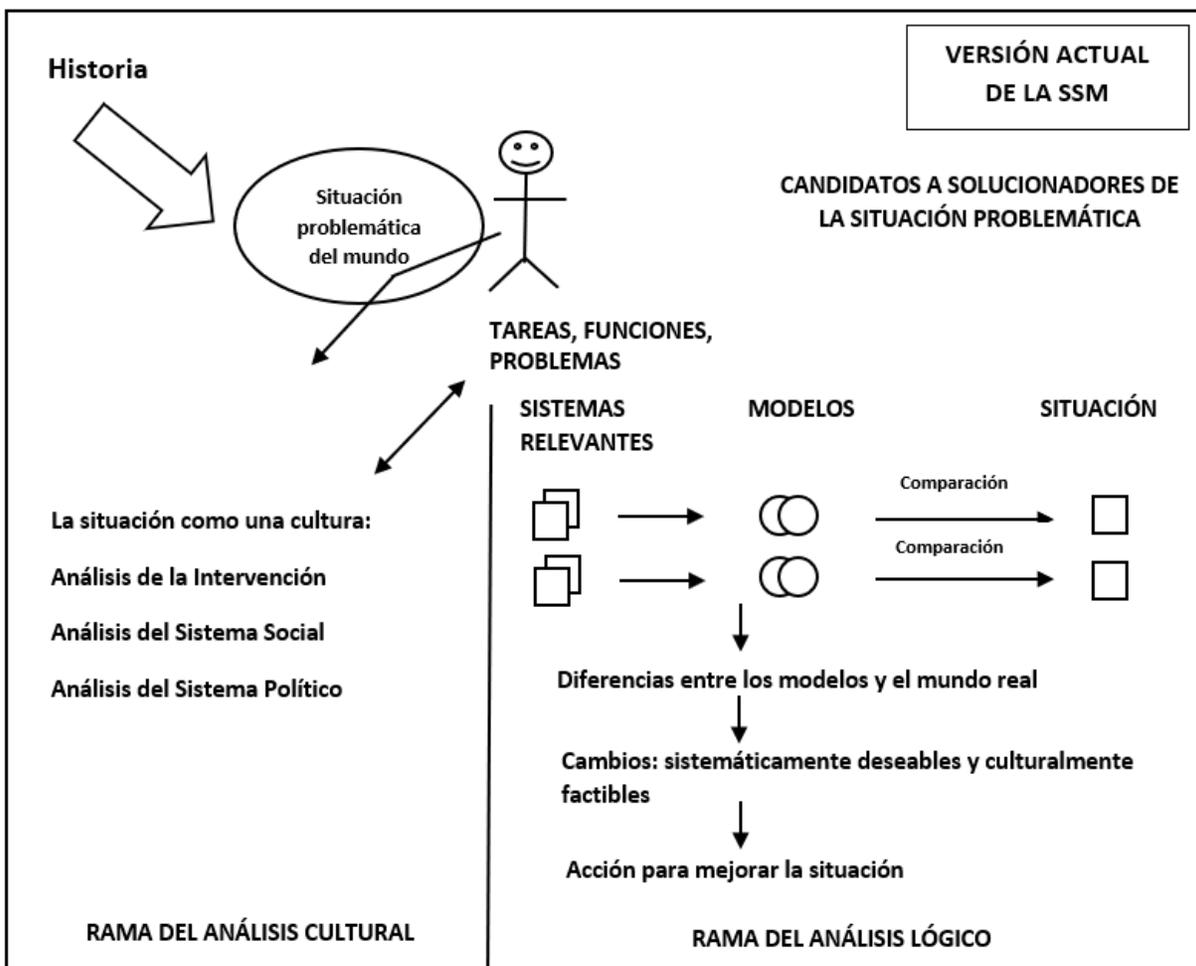
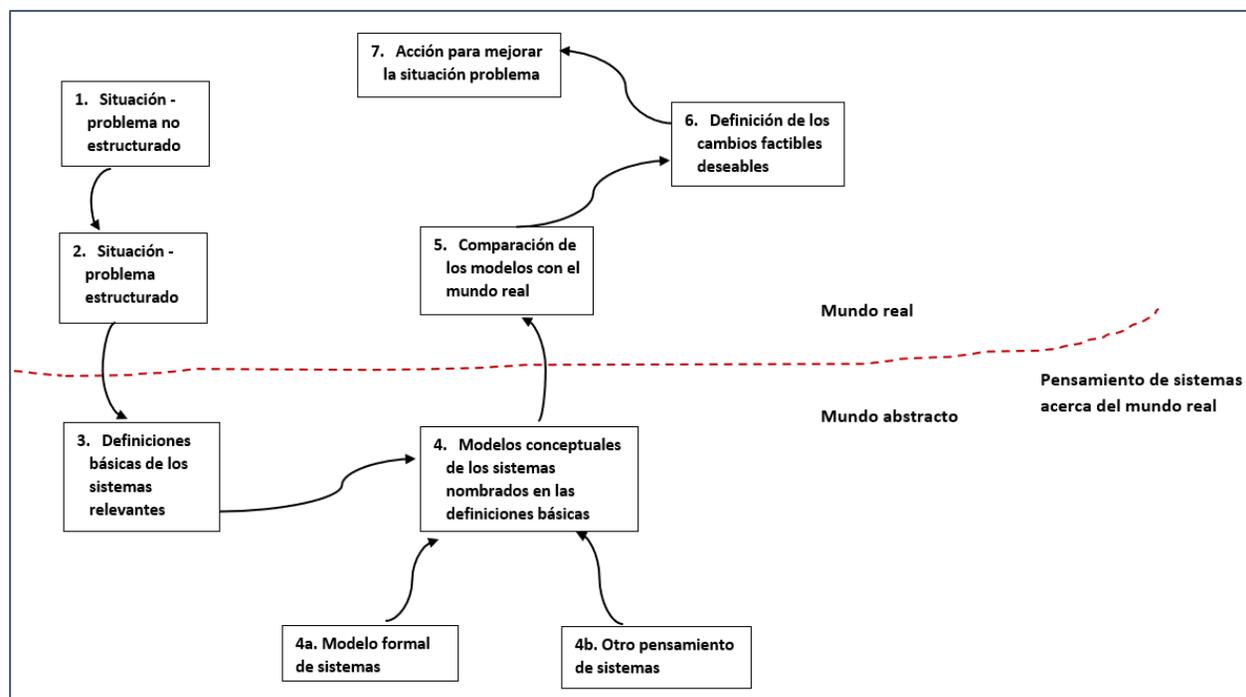


Figura 22. El proceso de la Metodología de los Sistemas Blandos. Metodología de Sistemas Suaves. M. Paz Acosta. Curso Metodología de los Sistemas Blandos. Ricardo Rodríguez (2017)

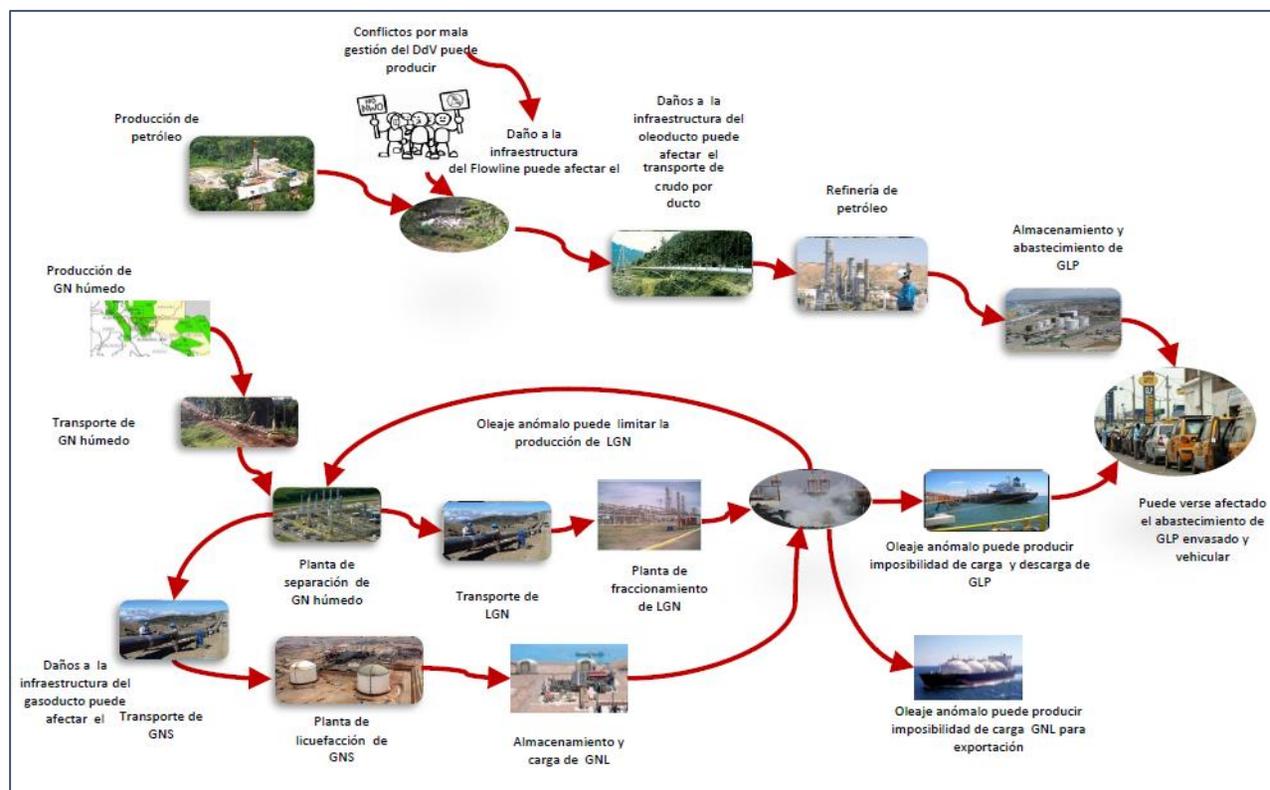
La metodología se puede representar en siete estadios que no necesariamente se realizan en el orden indicado, algunos están orientados al mundo real y otros, al mundo conceptual. La Figura 23, muestra el modelo de sistemas blandos de 7 estadios; Van Mullekom (2000) explica que en los dos primeros estadios se realiza una búsqueda organizada para encontrar situaciones problema en la que se debe establecer las estructuras, los procesos y sus relaciones. En términos de estructuras se evalúan jerarquías de poder, comunicaciones formales e informales, entornos geográficos u otros; en términos de procesos, se analiza aquellas actividades básicas que podrían ser parte de una toma de decisiones, resultados, efectos y algún tipo de acción correctiva que dieron lugar.



*Figura 23.* Modelo convencional de los sistemas blandos de 7 estadios.

La Sistémica, los Sistemas Blandos y los Sistemas de Información. Ricardo Rodríguez (1994)

Como ejemplo, la Figura 24 muestra el cuadro pictográfico que ilustra algunos riesgos, eventos e impactos involucrados en la problemática del abastecimiento de GLP y que son recogidos durante los dos primeros estadios.



*Figura 24.* Cuadro pictográfico de riesgos, eventos e impactos.  
Elaboración propia.

En los estadios 3 y 4, se desarrollan las definiciones básicas (definiciones raíz) y sus correspondientes modelos conceptuales, para ello debe realizarse una búsqueda organizada de situaciones problema presentes, se toma una en particular que se desea resolver. Esta situación contiene un modelo por cada punto de vista observado sobre la situación problema y cómo debe ser tratado este punto de vista. Cada modelo constituye una definición básica o raíz. Estos modelos no representan el mundo real y tienen como función generar una estructura de debate de cómo percibe la realidad cada individuo. Luego, estas definiciones básicas se transforman en modelos cualitativos, conceptuales de sistemas de actividad humana o sistemas de actividad con propósitos definidos.

Para verificar que una definición básica ha sido elaborada apropiadamente, se suele contrastarla con un análisis CATWDE (CATWOE, por sus siglas en inglés), en la que C representa a los clientes quienes son los que son afectados negativa o positivamente por la transformación; A,

representa a los actores quienes llevan a cabo la transformación; T identifica la transformación a realizarse; W, es la Weltanschauung o cosmovisión, es la forma como cada persona percibe las cosas en función de sus patrones culturales, formación, entorno u otros aspectos que influyen en cada individuo; es decir, cada observador tiene una interpretación ; D, corresponde a los dueños quienes tienen el poder de autorizar o detener la transformación y, finalmente, E se refiere al entorno. La Tabla 10, muestra algunos ejemplos de definiciones básicas generadas por cada Weltanschauung.

Tabla 10  
*Definiciones básicas*

Grupos de interés		Weltanschauung	Sistema relevante orientado al problema
<b>Cientes</b>	Comunidades indígenas	Creencia de que los proyectos de exploración y explotación de recursos energéticos dañan el ecosistema de sus comunidades dentro de las áreas de influencia y sus propiedades.	Sistema de actividad humana orientado a afectar negativamente las actividades agrícolas y pesca, principal fuente de sobrevivencia, mediante la exploración y explotación del GN.
	Osinergmin	Creencia de que Osinergmin no es responsable de la normativa en la industria de Gas Natural, por lo cual no tiene que proponer normativa adecuada para la supervisión, fiscalización y regulación del GN.	Sistema de actividad humana orientado a mantener propuestas normativas respecto a la seguridad y calidad de servicio en la industria del Gas Natural, que no permiten una adecuada supervisión, fiscalización y regulación.
<b>Actores</b>	Perupetro	Creencia de que Perupetro debe supervisar los contratos y evaluar los pronósticos de producción de GN y GLP además de la vida útil de los yacimientos a partir de la evaluación continua del nivel de reservas de GN	Sistema de actividad humana orientado a conseguir nuevas inversiones en proyectos de GN, en función de los pronósticos de producción y evaluación de reservas.
	Empresas operadoras	Creencia de que los niveles de exploración y explotación del GN son los adecuados para aprovechar la explotación integral y sostenible del GN.	Sistema de actividad humana orientado a mantener los niveles de exploración y explotación.

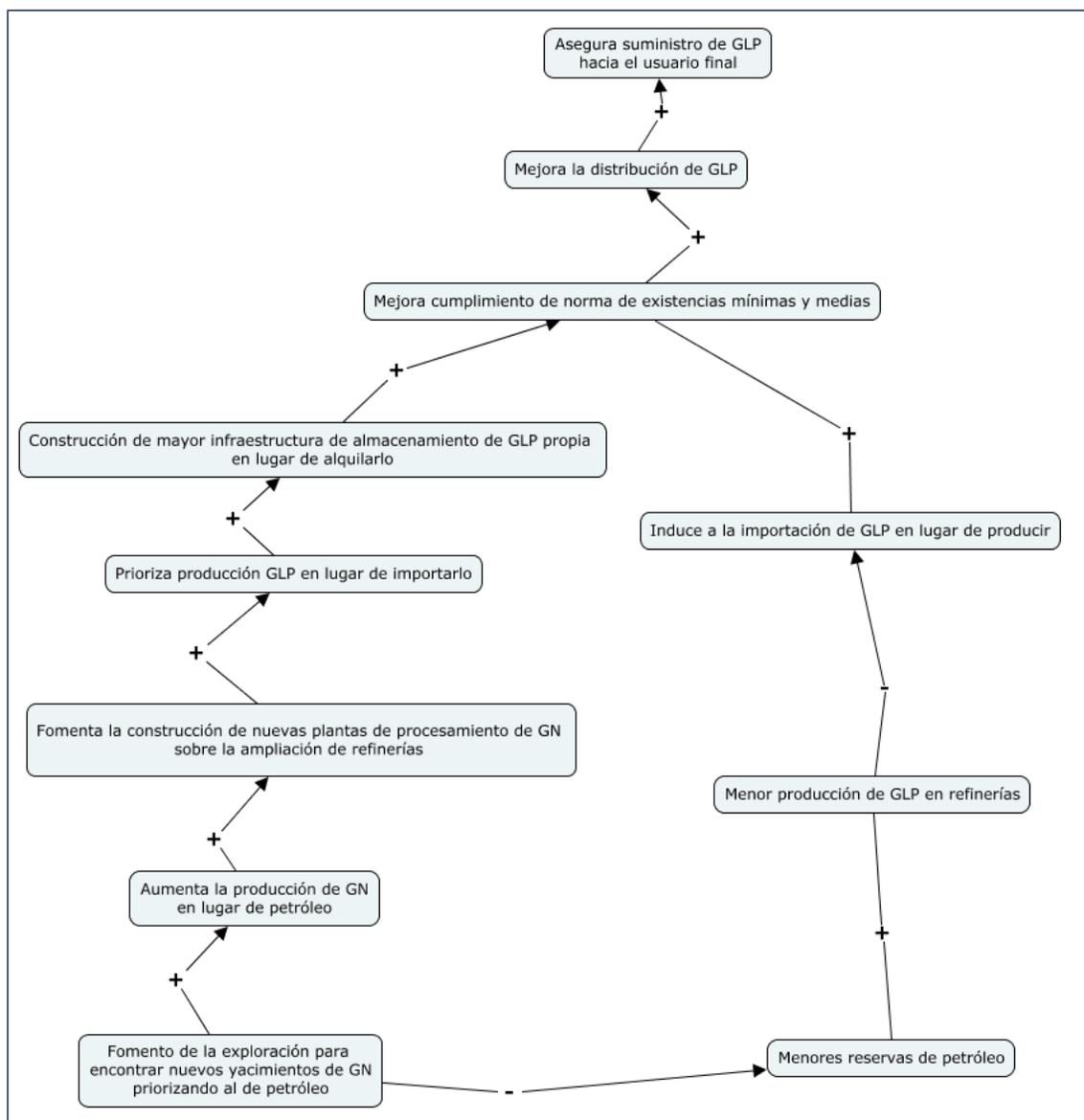
Estado	Creencia de que el nivel de inversión actual en la oferta de GN es conveniente, pese a que la demanda de GN aumentará en los próximos años.	Sistema de actividad humana orientado a mantener los niveles de inversión en GN, sin considerar que la demanda de GN aumentará en los próximos años, en virtud del programa de masificación y las necesidades de crecimiento económico del país.
<b>Dueños</b>		
Empresas operadoras	Creencia de que la normativa debe actualizarse para promover la inversión en exploración y asegurar reservas de GN para el futuro.	Sistema de actividad humana orientado a mantener la inexistencia de un marco legal y social que permita mayores inversiones en la fase de exploración en lotes de GN.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Una vez desarrollada la definición básica, ésta dará lugar al mapeo de los eventos y sus riesgos involucrados. Para el caso que se investiga, la definición básica es atender el requerimiento nacional de GLP de manera eficiente, segura y sostenible. A esta definición básica se le realiza el análisis CATWDE, según se ha descrito previamente.

En el quinto estadio, los modelos conceptuales son comparados con la realidad que las personas perciben resultando en señales que generen acciones que podrían mejorar o resolver la situación problemática; mientras que, en el sexto estadio, se definen y proponen cómo serán las acciones que deberán ser implementadas y en el séptimo estadio, se realiza la implementación.

La Figura 25, muestra cómo se podría establecer soluciones alternativas utilizando la metodología de estructuración de problemas SODA (Strategic Options Development and Analysis). Esta metodología, desarrollada por Colin Eden en 1989 (Van Mullekom, 2000), se enfoca en estructurar problemas confusos y complejos; asimismo, en alcanzar consensos y compromisos para la acción; en alcanzar el punto en el que todos los involucrados sienten confianza y toman acción. Cabe destacar que el SODA responde a un método de identificación de problemas que utiliza el mapa cognitivo como técnica de modelamiento. Considera a los miembros individuales de un grupo y conceptualiza los diferentes puntos de vista del problema construyendo mapas cognitivos individuales. Estos proveen el soporte para la discusión del grupo guiando en dirección a un portafolio de acciones en común acuerdo.



*Figura 25.* Análisis SODA para soluciones alternativas.  
Elaboración propia

Como puede esperarse, en ambas metodologías, los resultados no corresponderán a soluciones permanentes, pero sí serán capaces de ir corrigiendo gradualmente las situaciones disminuyendo paulatinamente la insatisfacción.

En la metodología de los sistemas blandos, el estudio inicia con la intervención sistémica en el caso considerando una Situación No Estructurada. Para este análisis se cuenta con

información procedente de boletines informativos de la organización, reportes periódicos, así como reportes y documentos emitidos por entidades del Estado respecto de la producción, reservas de gas natural y petróleo, procesamiento, inventarios y demanda nacional; asimismo, se usa la demanda nacional de energía proyectada, para el período 2012-2050, y la proyección de suministro de energía para el mismo periodo, obtenida utilizando el software MESSAGE, administrado por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) y tomando como referencia la data histórica del 2012. En la Figura 26, de acuerdo a la proyección, se puede observar el notorio crecimiento de las importaciones de GLP a partir del 2022, de lo que se infiere que podría existir un serio problema de desabastecimiento.

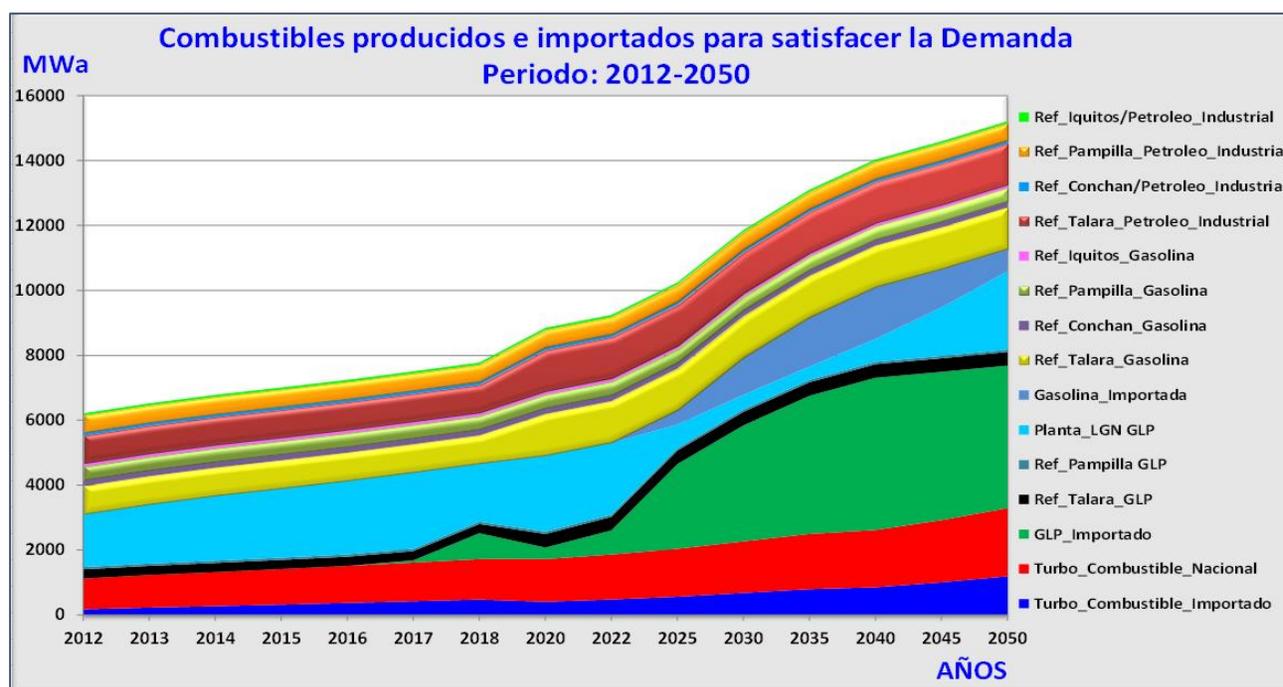


Figura 26. Demanda nacional de energía proyectada 2012-2050. IPEN (2017).

Dentro del límite de sistema bajo estudio se toma en cuenta las actividades de producción de gas natural; transporte por ducto de GN; transporte marítimo y por cisterna de GLP; separación de gas natural seco (GNS) y fraccionamiento de LGN; abastecimiento de GLP; licuefacción de GNS; exportación de GNL; conflictos con las comunidades dentro de las áreas de influencia.

Por otro lado, los probables intervinientes (stakeholders) de la situación problemática en estudio (constituida por el sistema y el entorno al sistema), son las entidades del Estado como el Ministerio de Energía y Minas (Minem), Ministerio del Ambiente (Minam), Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), Presidencia de Consejo de Ministros (PCM), Defensoría del Pueblo (DP), Contraloría General de la República (CGR), Dirección General de Capitanías y Guardacostas (Dicapi), Autoridad Portuaria Nacional (APN), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), Organismo de Supervisión de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), Poder Judicial; las empresas productoras de Gas Natural y las dedicadas a su transporte y procesamiento; las comunidades dentro de las áreas de influencia; las organizaciones no gubernamentales; la clase política y los diversos medios de comunicación.

## **Capítulo IV: Investigaciones precedentes sobre estudios de demanda, seguridad de suministro y la aplicación de análisis multivariante**

### **4.1 Estudios de demanda de combustibles y seguridad de suministro**

En esta investigación se realizó una aproximación del consumo de GLP a través de los volúmenes de ventas de este energético, publicadas por Osinergmin. Estas cifras han sido consideradas como la demanda de GLP, en el periodo evaluado, y muestran las tendencias de consumo que han determinado ocasionales importaciones en el Perú, ante problemas de disponibilidad de este energético, con la consiguiente elevación de precios y brotes de conflictos sociales.

La falta de disponibilidad de combustibles en determinados contextos y el aumento de los precios del petróleo y de productos derivados así como problemas medioambientales, de finanzas públicas y de suministro de combustibles han generado muchos estudios de demanda de combustibles, principalmente de gasolina y diésel, relacionada con las elasticidades precio e ingreso, cuyas conclusiones van orientadas en mayor grado a desarrollar políticas públicas para resolver problemas medioambientales como el cambio climático que para resolver un problema de suministro. Tal es así que el estudio titulado “Demanda de gasolina en la zona del Valle de México: análisis empírico de la reducción del subsidio” de Jimmy Ferrer y Roberto Escalante (2014) analiza la demanda de gasolina modelando el consumo de gasolina como una función del ingreso y el precio relativo con el objetivo de establecer medidas para la reducción del uso de la gasolina por aspectos fundamentalmente medioambientales.

Los investigadores usan el enfoque de cointegración para encontrar una relación estable y de largo plazo entre las variables concluyendo que la respuesta de la demanda es mayor ante cambios en el ingreso que frente a cambios en el precio. En virtud de ello, establecen que las políticas públicas basadas solamente en precios son insuficientes para reducir el consumo de

gasolina en la zona mencionada, sino que indican la necesidad de ejecutar medidas regulatorias complementarias.

En el mismo sentido, resulta importante comentar que el estudio de la demanda de gasolina en México básicamente ha tratado la necesidad de implantar políticas públicas para frenar las consecuencias del consumo de gasolinas sobre el cambio climático más que orientada a asegurar su suministro. De igual forma, un estudio realizado en España sobre la demanda de gasolinas y su impacto en el medio ambiente cuantifica los determinantes de la demanda de combustibles más importantes estimándose modelos para la gasolina y el diésel resultando una fuerte dependencia con los ingresos más que con los precios; por tanto, esto sería un indicativo de que el crecimiento económico pudiera incidir en una demanda que deberá ser satisfecha en su oportunidad. Sin embargo, más les preocupa el hecho de que el aumento de la demanda pueda afectar las condiciones medioambientales y el cambio climático que el aseguramiento del suministro de estos combustibles.

En República Dominicana, Francos (2006) desarrolló un estudio sobre la estimación de la demanda de combustibles, en el que incluyó el GLP. El estudio tuvo como propósito estimar las funciones de demanda agregada de los combustibles fósiles de uso común en ese país. Así, se estimaron funciones de demanda de gasolina (premium y regular), gasoil regular y GLP para obtener las elasticidades precio e ingreso correspondientes que permitan evaluar la sensibilidad de la demanda ante variaciones en sus determinantes. La intención fue conocer las variables que explican el consumo de los diferentes tipos de combustibles, así como sus magnitudes para el análisis del comportamiento de éstos en diferentes escenarios de variación de sus determinantes y el desarrollo de proyecciones para una adecuada toma de decisiones de política económica, debido al impacto de los combustibles en la balanza de pagos y en las finanzas públicas, así como en la formación de precios internos.

Esta investigación mostró que en este país caribeño la gasolina regular es el combustible sustituto del GLP, caso contrario al caso peruano en el que el GLP es el combustible sustituto de la gasolina por lo cual la seguridad de abastecimiento en ambos casos se analiza bajo ópticas

distintas; además, en el caso dominicano, se verifica una sustitución desde un combustible gravado hacia un combustible que es subsidiado afectando las finanzas públicas.

En el Perú se cuenta con un marco normativo que regula la aplicación de un fondo denominado Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles Derivados del Petróleo, el cual corresponde a un fondo intangible cuyo destino es evitar que la alta volatilidad de los precios del petróleo y sus derivados sea trasladada a los consumidores del mercado interno. Están comprendidas todas las ventas primarias de GLP, gasolinas, gasoholes, biodiesel DB5 y biodiesel DB5 S50, entre otros. La sustitución se da en diferentes grados, de GLP y gas natural por gasoholes o gasolinas; o, de GLP a gas natural o viceversa, por factores técnicos, de disponibilidad o precio.

Suárez (2013), en su investigación sobre la sustentabilidad empresarial, la seguridad energética y la ética ambiental en Chile explora la importancia del consumo energético para el desarrollo productivo de las empresas. Si bien la matriz energética de Chile se basa mayormente en energía hidroeléctrica, es también importante el petróleo como fuente de energía por lo cual debe asegurar su suministro, haciéndolo un país fuertemente dependiente de este recurso.

Es interesante el concepto integrado moderno de seguridad energética propuesto por Espona (2013). Explica que, con la aprobación del nuevo concepto estratégico de la OTAN a fines del 2010, la seguridad energética es introducida dentro de sus objetivos formándose un nuevo paradigma que la considera de modo integrado y multidimensional, con predominio de elementos funcionales sobre los elementos de naturaleza territorial. Por lo tanto, la seguridad energética puede considerar un enfoque militar específico, compatible y haciendo sinergia con el sistema energético civil. De esta manera, el concepto de seguridad energética se maneja de igual forma en el ámbito estatal y en el ámbito corporativo, incidiendo en el aumento de la protección, la fiabilidad y la capacidad de reacción, y, como consecuencia, generando buenos resultados económicos y empresariales.

Espona (2013) establece la necesidad de realizar de manera primaria una conceptualización armonizada de la seguridad energética para luego considerar todos los elementos principales que la componen; así, por ejemplo, las fuentes y los recursos; la infraestructura, equipamientos y

medios tecnológicos; los factores de contexto estructural como de tipo geográfico, geológico, medioambiental, económico, social, jurídico, político, entre otros. Por otro lado, considera la importancia de jerarquizar a los países por su carácter de productor, consumidor o de tránsito, ya que su conducta dependerá del rol que desempeñan dentro del sistema, así como de su naturaleza de poder y las posibilidades de interrelacionarse a través de convenios bilaterales o multilaterales. Es también fundamental conocer las diversas líneas de acción que seguirían, lo que incluye la diversificación del suministro y de proveedores, la gestión eficiente, la integración y redundancias del sistema, la disposición de reservas estratégicas, medidas de protección societaria, armonización en política energética, la generación de un marco jurídico completo, el control financiero y la cobertura tecnológica e industrial, además de otros aspectos no menos importantes.

#### **4.2 Aplicaciones de la metodología de la dinámica de los sistemas blandos**

La metodología de la dinámica de los sistemas blandos se basa en las metodologías de los sistemas blandos y en la de dinámica de sistemas. La combinación de las fortalezas de ambas metodologías permite afrontar situaciones problemáticas complejas al proporcionar un marco de pensamiento sistémico adecuado que hace posible abordar y enfrentar problemas complejos cotidianos del mundo real entregando resultados numéricos que proceden de una serie de simulaciones de diversos escenarios generados de acuerdo a cada problemática.

A pesar de que la mayor aplicación de esta metodología se ha dado en situaciones problemáticas de las organizaciones o, por ejemplo, de problemas de seguridad ciudadana; Rodríguez (2015) desarrolló el modelo energético dinámico para el gas natural al 2040 utilizando esta metodología. La investigación implicó seguir cada uno de los estadios que comprende la metodología, empezando con una recolección de información referida a la matriz energética peruana, la identificación clara de la situación problemática y la proposición de las definiciones básicas orientadas a la problemática del gas natural por cada tipo de grupo de interés involucrado. Posteriormente desarrolló el análisis perceptivo y de tarea primaria para la generación de los modelos orientados al problema, la generación de los diagramas causales y la generación de los modelos de dinámica de sistemas para finalmente consolidar y obtener el modelo de dinámica de sistemas integrado al cual le aplicó un análisis de sensibilidad para generar los diferentes escenarios

culturalmente factibles y sistémicamente deseables. Esta investigación generó 28 escenarios que podrían dar lugar a lineamientos de política pública en el esfuerzo de masificar el uso del gas natural en el Perú.

En esta investigación, la metodología de la dinámica de los sistemas blandos fue utilizada parcialmente; es decir, básicamente para identificar aquellos factores percibidos por los diferentes grupos de interés como determinantes en la problemática del abastecimiento sostenible de GLP. Cada grupo de interés tiene su propia percepción sobre el factor que más impacta en esta situación; estas percepciones son comparadas con la percepción de la investigadora quien ha hecho uso del concepto de análisis de riesgos para establecer los factores determinantes de la problemática. Luego, estas son validadas con la obtención de los pesos dentro de un modelo de ecuaciones estructurales.

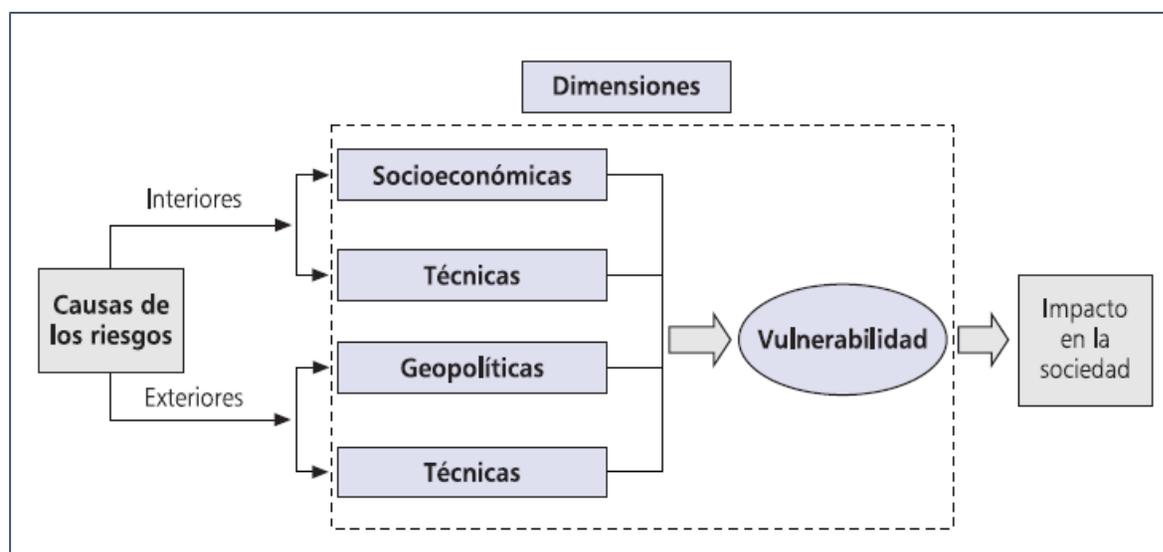
#### **4.3 Uso del análisis causal y dinámica de sistemas**

Muchos artículos se han escrito sobre investigaciones relacionadas a la seguridad de suministro, seguridad de abastecimiento o seguridad energética, pero es más limitada la literatura que trata sobre análisis causal de las dimensiones de la seguridad de abastecimiento. En esta investigación, se desarrolla previamente un análisis causal con el fin de proponer un modelo de dinámica de sistemas que permita realizar una proyección en un horizonte de tiempo, del comportamiento de los factores identificados. Este modelo constituye un aporte de la investigación para la generación de políticas públicas que den sostenibilidad al abastecimiento de GLP.

Rodríguez y García-Verdugo (2012), realizan un análisis causal de las dimensiones de la seguridad de abastecimiento energético y, a partir de estas dimensiones, analiza las políticas de seguridad de abastecimiento aplicadas en España en la última década. En su análisis, determinan que la seguridad de abastecimiento energético tiene una relación directa con los riesgos energéticos y del impacto efectivo que produzcan en el caso de que se materialicen; por lo tanto, estos riesgos deben ser utilizados para la identificación de las dimensiones de la seguridad de abastecimiento.

Dentro del análisis se establece que la definición de seguridad de abastecimiento debe ser entendida dependiendo de la perspectiva del análisis; es decir, si éste se realiza desde el punto de vista del consumidor (seguridad de suministro) o se realiza desde el punto de vista del productor (seguridad energética o seguridad de demanda). En el primer caso, la seguridad es percibida en función de los volúmenes disponibles, en el precio y en las variaciones de ambos. En el segundo caso, la perspectiva está enfocada en los ingresos que recibirían los productores que hagan que el negocio sea lucrativo y sostenible en el tiempo.

Rodríguez y García-Verdugo proponen el siguiente esquema:



*Figura 26.* Esquema de las dimensiones de la seguridad de abastecimiento energético

Nota. Fuente: Rodríguez y García-Verdugo (2012)

Las causas exteriores (originadas fuera del país) que ejercen influencia en la seguridad de abastecimiento del país importador de energía son las derivadas de la situación de los países exportadores y la de los países de tránsito. Por otro lado, las causas interiores (originadas dentro del país) son las relacionadas a la situación interna del país importador. En la relación que existe entre el país exportador, de tránsito y el país importador se manifiesta el beneficio del concepto innovador de corredor energético utilizado también por Muñoz (2012) en su investigación sobre Turquía y la Seguridad Energética de la Unión Europea.

Una detenida observación del esquema permite visualizar que la vulnerabilidad determina el impacto que los problemas de abastecimiento energético tienen sobre la economía y la población.

Por otro lado, las variables que la explican son de diversa índole, como la posibilidad de contar, por ejemplo, de fuentes disponibles para una rápida importación de GLP en casos de emergencia; el nivel de autosuficiencia en la producción de este combustible y el grado de diversificación de las fuentes de energía primaria como petróleo y gas natural, de los que se obtendría el GLP, para esta investigación. En este contexto, entonces, la vulnerabilidad viene a ser la capacidad de reducir el impacto sobre la economía y la población ante un posible desabastecimiento o, como indican Rodríguez y García-Verdugo (2012), la incapacidad de un determinado sistema para adaptarse ante una situación de emergencia. Cabe presumir que, mientras menor sea la vulnerabilidad, mayor será la seguridad de abastecimiento energético.

En este punto, es necesario relacionar la dependencia con el tiempo; así, la vulnerabilidad a corto plazo se refiere a problemas puntuales de abastecimiento energético que se resuelven en un tiempo relativamente corto, como sería el caso de una parada de emergencia en la planta de procesamiento por un corte de fluido eléctrico, cierre de puertos por oleaje anómalo debido a aspectos climatológicos, entre otros; y, por otro lado, la vulnerabilidad a largo plazo afronta aspectos estructurales que requieren de un periodo de tiempo mayor para su solución, o dicho de otro modo, no se pueden solucionar de manera inmediata.

Cabe mencionar que en España funciona la Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos de España (CORES), entidad que contribuye a garantizar la seguridad de suministro de productos petrolíferos, GLP y gas natural. La organización es una corporación declarada como de Derecho Público sin ánimo de lucro y tutelada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo; sin embargo, actúa en régimen de Derecho Privado. Todos sus miembros se encuentran obligados al mantenimiento de existencias mínimas de seguridad y a dar soporte financiero a las actividades de CORES en función de sus ventas. En caso de crisis de abastecimiento, bajo la supervisión del Ministerio, contribuye a garantizar la continuidad del suministro coordinando la puesta a consumo de las existencias. Las obligaciones de mantenimiento de existencias de hidrocarburos se reparten entre CORES y la industria; asimismo, garantiza una adecuada diversificación de suministros de gas natural.

Integran el CORES, además de cuatro representantes del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, tres representantes de operadores con capacidad de refino en España (BP, Cepsa, Repsol), dos representantes de operadores sin capacidad de refino en España, un representante de un operador de gases licuados del petróleo (Repsol) y un representante de un comercializador de gas natural (Gas Natural Fenosa). La Figura 27 muestra las actividades y obligaciones de los miembros.



*Figura 27.* Esquema de las actividades de los miembros del CORES. Cores (2015)

Otro estudio que aborda el análisis causal de las dimensiones realiza un análisis específico sobre una de las variables que incide sobre la vulnerabilidad y está relacionada básicamente con los aspectos geopolíticos; al respecto, García-Verdugo, Muñoz y San Martín (2014) han desarrollado una propuesta metodológica para la estimación cuantitativa del riesgo de abastecimiento energético, asociado a estos aspectos.

El objetivo de los investigadores es desarrollar un método que estime cuantitativamente el riesgo de abastecimiento energético de carácter geopolítico proporcionando una mejor alternativa

que el uso de escenarios futuros, los cuales se basan en probabilidades asumidas subjetivamente y, para ello, utilizan el análisis factorial habiendo identificado previamente cuatro factores parciales de riesgo energético (económico, político, social y energético) que se agregan para calcular el denominado, Índice de Riesgo Energético de origen Socioeconómico (IRES). Este índice puede usarse también en la construcción de modelos y escenarios, para un país o para un corredor.

En el contexto de esta investigación, se entiende que los corredores energéticos están constituidos por todos los países involucrados en la explotación, producción, procesamiento, manipulación y transporte desde el punto de origen de cada fuente de energía hasta la frontera del país importador.

Para García-Verdugo, Muñoz y San Martín (2014), la seguridad energética de un país depende en un primer lugar, de un sistema de corredores para el abastecimiento energético más, ciertos indicadores asociados que reflejan sus necesidades de recursos energéticos, su grado de dependencia respecto de los países exportadores y su interconexión con los países productores y de tránsito. En segundo lugar, depende de la situación geopolítica de los países productores y de tránsito, así como de la comunidad internacional, lo que no es sencillo definir ni medir a pesar de estar directamente relacionada con el sistema de corredores energéticos.

Esto es particularmente importante dentro del marco del V Gabinete Binacional Perú-Bolivia, en el que el ministro de Energía y Minas y el titular de la cartera de Hidrocarburos de Bolivia, suscribieron tres convenios interinstitucionales de cooperación que contribuirán a consolidar la cooperación e integración energética en beneficio de las poblaciones fronterizas de ambos países, durante el primer semestre del 2019. Ambos representantes acordaron la implementación de un proyecto de diseño, construcción y operación de redes domiciliarias que permitirá llevar gas natural a miles de hogares del distrito de Desaguadero, y otras zonas de la frontera, a precios accesibles y mejorando significativamente su calidad de vida.

Entonces, según lo mencionado por los investigadores, todos los indicadores de seguridad energética están estrechamente relacionados con el número y características de los diferentes corredores energéticos que llegan al país importador desde cualquier punto del planeta. De ahí que,

la seguridad energética de un país también debe analizarse mediante indicadores de dependencia y vulnerabilidad que reflejan el estado de su sistema de corredores energéticos, considerando las relaciones causa – efecto de los riesgos que amenazan la seguridad del país importador de energía.

Para comprender mejor estos conceptos, tomando como ejemplo el caso del convenio bilateral Perú-Bolivia, el análisis debería tratar situaciones de conflicto que podrían suscitarse en Bolivia y que afectaría el transporte de un energético como el GLP hacia la zona fronteriza del Perú siendo el país perjudicado como país importador; o, en caso de que Bolivia quisiera sacar a través de un puerto peruano productos de exportación, siendo en este caso el Perú un país de tránsito, los conflictos que se desarrollen en el sur del país le genere a Bolivia, riesgos como país exportador.

Por otro lado, en este punto es conveniente hacer una clasificación de los riesgos. Los riesgos energéticos primarios o riesgos causales pueden dividirse en dos grupos, los riesgos socioeconómicos y los riesgos técnicos, causados por aspectos internos como externos al país importador. Es de suponer que los internos son asumidos y tratados por las autoridades locales. Luego, riesgo técnico se refiere a la seguridad de la infraestructura física de los corredores; el riesgo socioeconómico se refiere al riesgo generado en los países exportadores y de tránsito que componen los diferentes corredores energéticos que llegan al país importador y se genera a partir de las actividades económica, política y social.

Dado que el objetivo de los investigadores ha sido mostrar un método que valore cuantitativamente la influencia del contexto geopolítico sobre el riesgo energético, para el desarrollo del modelo sólo se han referido al riesgo energético de origen socioeconómico considerando los factores de riesgo que abarcan las variables sociales, políticas, económicas y energéticas, que determinan la fiabilidad de los países exportadores y de tránsito, que componen los corredores energéticos hacia un país.

Es necesario mencionar que, al considerar la complejidad de estimar probabilidades sobre aquellos factores que no pueden ser sometidos a experimentación, la cuantificación de los factores de riesgo energético de origen socioeconómico fue realizada mediante aproximaciones; por tanto,

han combinado variables relacionadas con los cuatro factores de riesgo socioeconómico, con la finalidad de conseguir una medida que sintetice cada grupo de variables por país.

El método de análisis elegido por los investigadores, según lo mencionan en la investigación, debiera garantizar que los indicadores asociados a cada grupo de variables presenten valores cardinales que, además de establecer una clasificación de países en función del nivel de riesgo energético, proporcionen además información significativa sobre el riesgo relativo de los distintos países evaluados. Así, deciden utilizar el análisis factorial como técnica para la estimación y que les ha permitido cuantificar los valores asociados a los factores parciales de riesgo energético. Uno de los aspectos que han considerado como problemático es la toma de decisión sobre los pesos que se debiera usar al agregar los riesgos de los cuatro grupos de variables.

En lo que se refiere a la dinámica de sistemas, ésta es utilizada por muchos investigadores, al ser considerada como un método apropiado para investigaciones sistémicas, estudios dinámicos y análisis de políticas. Es así como se ha generado modelos relacionados con la energía que incluyen planeamiento energético; suministro y demanda de energía; pronósticos; optimización; modelos basados en redes neuronales y lógica difusa, así como reducción de emisiones. El rango de aplicaciones de la dinámica de sistemas abarca el diseño de políticas y planeamiento corporativo, energía y medio ambiente, políticas y gestión pública, desarrollo de teorías en ciencias naturales y ciencias sociales, dinámica de toma de decisiones, modelamiento médico y biológico y dinámica de sistemas complejos no lineales, entre otros.

Kiani, Behdad, Saeed Mirzamohammadi, Seyed Hossein Hosseini (2010) desarrollaron un estudio sobre el rol de la metodología de la dinámica de sistemas en el análisis de las fuentes de combustibles fósiles. Al respecto, indican que siendo las fuentes fósiles los principales recursos para el suministro de energía, la preocupación por asegurar este suministro es compartida por muchos países. Ello ha generado muchos estudios basados en la dinámica de sistemas para modelar operaciones de exploración, explotación y producción de hidrocarburos. Estos estudios, realizados principalmente entre 1973 al 2009, incluyen otros aspectos relacionados a las fases de la industria del petróleo y gas natural como análisis de costos, impuestos, inversiones, precios en boca de pozo,

precios, efectos de sustitución, tecnologías, regulaciones, políticas de suministro, reservas estratégicas, entre otros.

Particularmente interesante es el trabajo de Chyong et.al. (2009) quienes realizaron un modelamiento usando dinámica de sistemas, aplicado al análisis de política energética en la industria del gas natural en el Reino Unido. Ellos desarrollaron un modelo para investigar los factores que influyen en la demanda y el abastecimiento a largo plazo del gas natural, así como determinar la naturaleza del comportamiento del sistema y, examinar a su vez, la efectividad de varias políticas para suavizar la transición hacia la autosuficiencia y la reducción de la dependencia de la importación de gas en el largo plazo.

Como resultado del modelamiento, trabajaron con escenarios que contemplaron casos de política tributaria, alta y baja demanda, avances en la tecnología y dependencia creciente en la importación de gas en el Reino Unido, encontrando buena correspondencia con las tendencias generales de la data real, particularmente en la relacionada con la tasa de consumo, la producción acumulada de gas, entre otros. Asimismo, encontraron que algunas variables eran consistentes con la data histórica mientras que algunas otras fueron más bien divergentes, lo cual puede deberse a las fórmulas de regresión utilizadas las que pudieron haber causado desviaciones y sesgos en las determinaciones.

#### **4.4 Usos del análisis factorial y modelos de ecuaciones estructurales en investigaciones sobre energía**

Es limitada la literatura que aplica el análisis multivariante a temas relacionados con la seguridad de suministro, seguridad de abastecimiento o seguridad energética. Sin embargo, se presenta algunos estudios cuyos enfoques se aproximan al utilizado en esta investigación.

Fernández (2013) desarrolló un estudio sobre los factores percibidos por los hogares en un país en vías de desarrollo relacionando la calidad de vida con el uso del gas natural. La investigación tuvo como propósito explicar la relación de los factores percibidos por las familias

que optaron por el uso de gas natural en sustitución del GLP y mantener la intención de continuar con el uso del gas natural luego de un periodo de consumo.

El estudio tuvo inicialmente un alcance cualitativo y exploratorio, resultando en la propuesta de un modelo para la continuidad del uso de este energético por los hogares encuestados. Luego, desarrolló un estudio cuantitativo que tuvo como resultado la propuesta de un modelo multidimensional de diez constructos interdependientes. El análisis de los datos se realizó utilizando ecuaciones estructurales en virtud de la facilidad para modelar simultáneamente las relaciones entre los constructos dependientes e independientes. Para ello, usó el software SPSS AMOS versión 20, obteniéndose los siguientes coeficientes estandarizados con sus correspondientes niveles de significancia y varianza explicada, según puede observarse en la Figura 28.

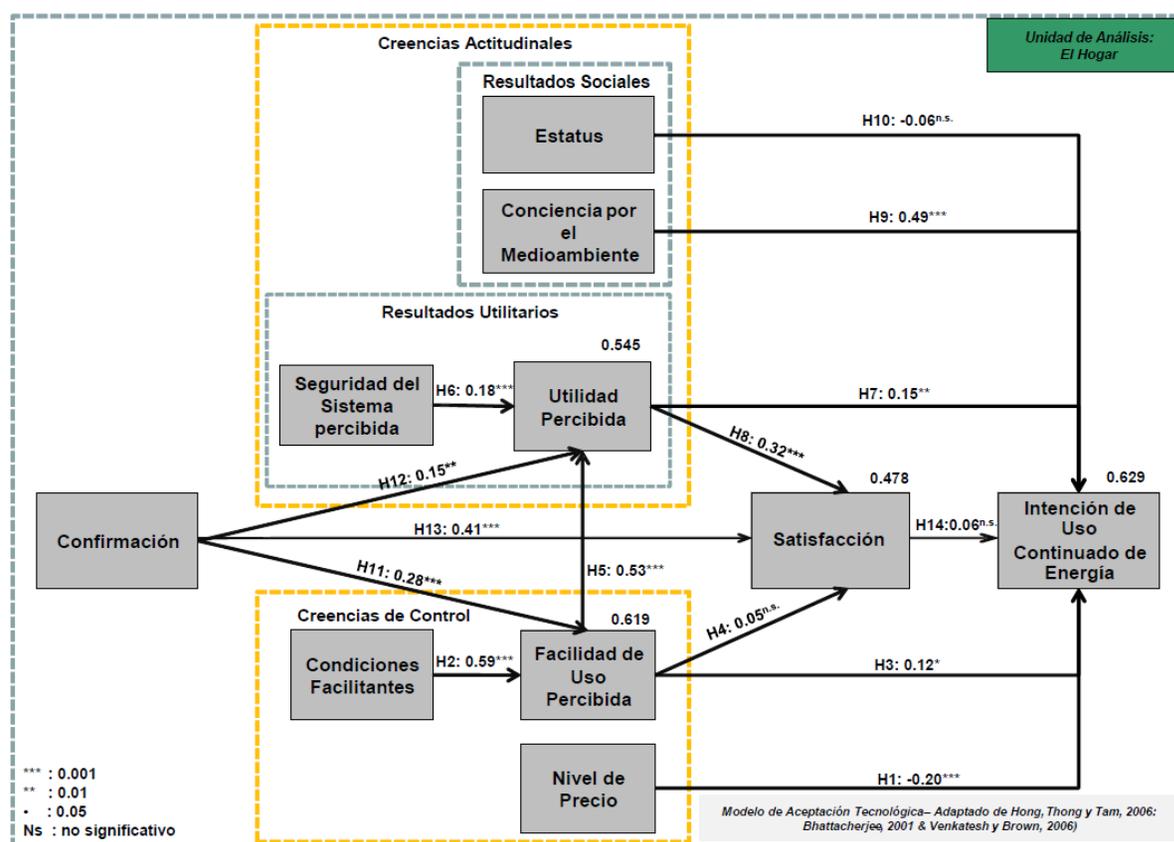


Figura 28. Coeficientes estandarizados con sus correspondientes niveles de significancia y varianza explicada en el modelo de ecuaciones estructurales propuesto. Tomado de Fernández Guzmán (2013)

La validación de los constructos para las escalas que fueron medidas se realizó mediante análisis factorial confirmatorio utilizando una estimación bajo el enfoque máxima verosimilitud. El modelo final propuesto para la intención de continuidad de uso de energía en los hogares puede observarse en la Figura 29.

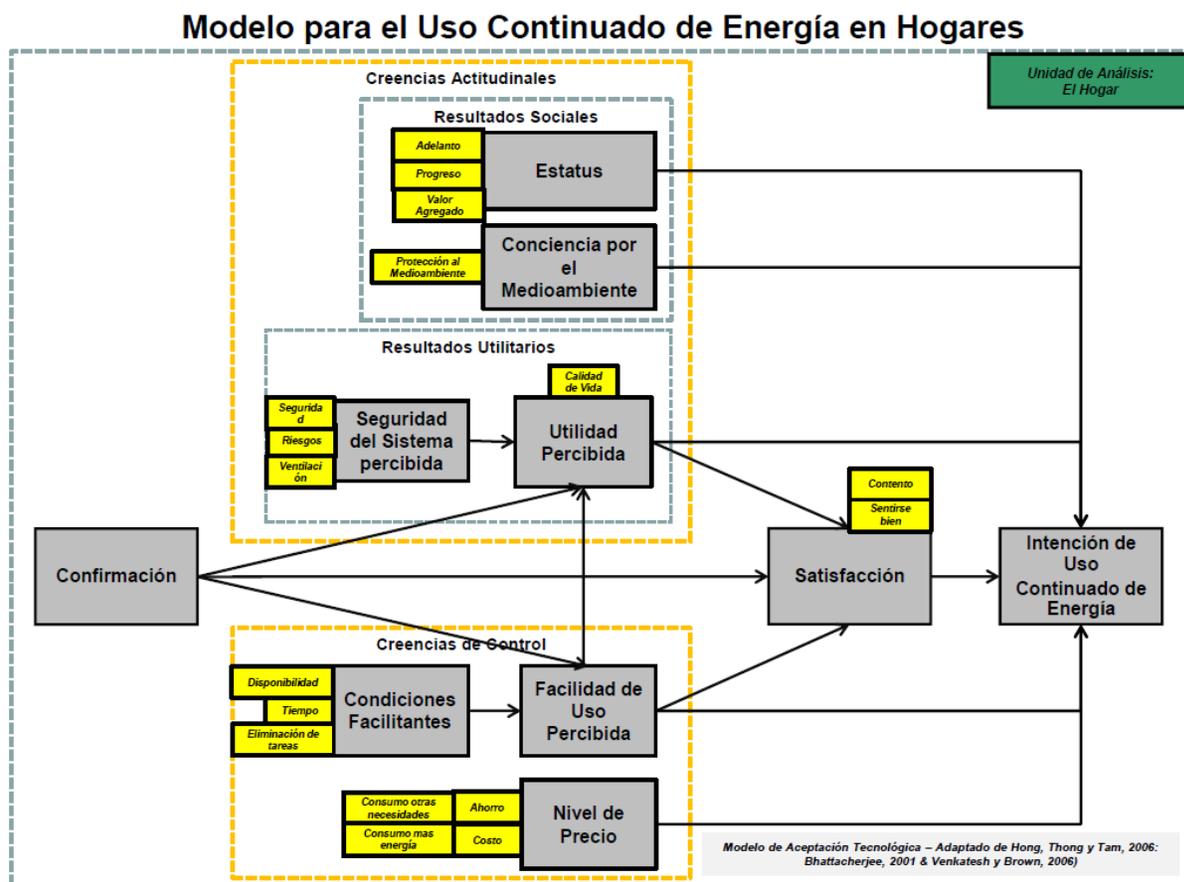


Figura 29. Modelo de ecuaciones estructurales propuesto para el uso continuado de gas natural. Tomado de Fernández Guzmán (2013)

Una diferencia sustancial con esta investigación es que en este caso se trabajó con data histórica y en la investigación de Fernández, con resultados de encuestas. Se abre una oportunidad de profundizar la investigación generando los cuestionarios apropiados para desarrollar el estudio bajo el enfoque de Fernández y verificar si se obtienen resultados similares al obtenido usando data histórica.

Continuando con sus investigaciones, Fernández (2018) ha actualizado su investigación desarrollada años atrás considerando que la adopción de alguna tecnología de información podría cambiar las percepciones de los usuarios y, por lo tanto, influir en la decisión de continuar con el uso del gas natural. El modelo mostrado a continuación, en la Figura 30, muestra resultados diferentes para los coeficientes estandarizados, sus correspondientes niveles de significancia y varianza explicada.

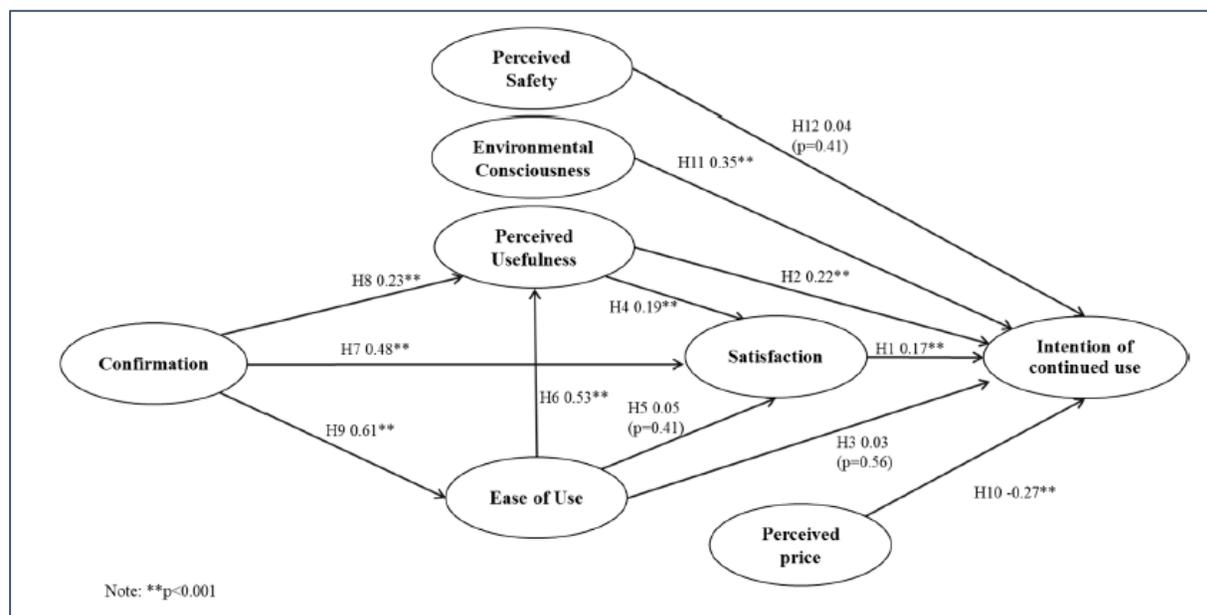


Figura 30. Modelo Expectativas – Confirmación, modelo extendido de ecuaciones estructurales para el uso continuado de gas natural. Tomado de Fernández Guzmán (2018)

Por otro lado, la investigadora ha desarrollado un análisis causal de los factores que impactan el abastecimiento de GLP mediante análisis multivariable, básicamente mediante análisis de componentes principales por extracción de factores, habiendo sido analizada la estructura de las interrelaciones entre ocho variables involucradas en el abastecimiento de GLP utilizando datos reales en cada caso. Se ha encontrado un ajuste satisfactorio a los supuestos del modelo, considerando que no se ha hecho uso de data recolectada mediante encuestas. Estos resultados son comparados con los obtenidos mediante el modelo de ecuaciones estructurales como aporte a la investigación.

Los resultados de la aplicación del análisis factorial por extracción de componentes principales han permitido demostrar que las variables causantes del mayor impacto en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional, responde a la producción de líquidos de gas natural, a su procesamiento, a la capacidad de almacenamiento de GLP, el cierre de puertos debido a la existencia de oleaje anómalo, a la producción de GLP y a la demanda de GLP, como se observa en el comportamiento del mercado.

Finalmente, una investigación desarrollada por la autora presentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, de Lima, realiza un análisis causal de los factores que afectan el abastecimiento de GLP y desarrolla un modelo a través de uno de los tipos de análisis factorial como es el análisis de componentes principales; los resultados son incluidos en esta investigación con fines de comparación de utilización de técnicas de análisis con información histórica para una posterior toma de decisiones en el uso de métodos idóneos para este tipo de investigaciones.

## Capítulo V: Metodología

Con la finalidad de establecer el planteamiento científico se requiere definir el paradigma sobre el cual se desarrolló la investigación. Fue René Descartes, entre 1619 y 1626, quien permitió la consolidación del pensamiento científico. Descartes, como exponente del racionalismo científico, utilizó la deducción como esquema de pensamiento mencionando la necesidad de cumplir cuatro reglas para lograr un adecuado razonamiento. La primera de ellas implica el no admitir como verdadera alguna situación sin conocer con evidencia que lo es; es decir, es preciso partir de principios racionalmente evidentes, claros y perfectamente definidos.

Las tres reglas siguientes formulan un procedimiento que lleva a la certeza del conocimiento al dividir los problemas en sus elementos primarios, los cuales como resultado del análisis se revelarán como verdaderos o falsos; luego, mediante una actividad de síntesis, al reunir y organizar ordenadamente los conocimientos elementales obtenidos se irá ascendiendo hasta el conocimiento de los compuestos para, finalmente, a través de la enumeración y prueba, enumerar y revisar todas las verdades conocidas asegurando que no haya omisiones y comprobar si existe relación entre ellas. Con estas reglas se consolida el paradigma científico, conocido como el proceso de análisis científico en el que se identifica de manera sencilla la naturaleza compleja de las situaciones.

El método científico, cuya base filosófica es el positivismo, constituye una herramienta utilizada para la generación de conocimiento a través del reduccionismo, la replicación y la refutación. Esto es, el análisis mediante el estudio de las partes, desarrollando repeticiones de los procesos en el mundo real que permitan la obtención de una ley o principio que lleve a una deducción o inferencia sobre comportamientos futuros; y, finalmente, crear nuevo conocimiento mediante la negación o cuestionamiento de una “verdad” ya conocida. La visión positivista conduce al conocimiento del objeto, necesita de la verificación y del control mediante la lógica y la práctica en la que se establece el razonamiento analítico.

Por otro lado, años más tarde surge lo que se conoce como el paradigma de sistemas, enfoque de sistemas o la sistémica, cuya base filosófica es el constructivismo, que conduce hacia la acción, al modelamiento sistémico mediante el razonamiento dialéctico. En el razonamiento dialéctico se parte de un hecho dado, cotidiano; de tal forma que la dialéctica va hacia lo que no se conoce por lo cual el descubrir lo desconocido va a constituir una acción.

El análisis de los hechos, a la que refiere la dialéctica, significa el mundo histórico y concreto dentro del cual vive el hombre; entonces, este paradigma surge a partir de reconocer que las ciencias clásicas son inadecuadas para explicar fenómenos psicológicos y sociales, además del hecho de que las situaciones del mundo real presentan diferentes niveles de complejidad que hace que determinadas situaciones no puedan ser reducidas a partes más simples ni sean replicables, ello evidencia las limitaciones que presenta el método científico para tratar situaciones problemáticas complejas. Por tanto, para la situación problemática planteada en esta investigación, se ha elegido el enfoque del paradigma de sistemas.

Una revisión de la literatura respecto de seguridad energética y el modelamiento de sistemas blandos ha mostrado que existen pocos estudios científicos recientes; sin embargo, existen muchos desarrollados por agencias internacionales de energía, que analizan la seguridad de suministro de hidrocarburos (petróleo y gas natural) desde el enfoque de la complejidad, particularmente del GLP; así, se ha encontrado estudios en los que se desarrolla simulaciones para el mercado de petróleo y combustibles líquidos en Argentina a través de la dinámica de sistemas (Olea y Rivera, 2014); bajo el mismo esquema, el estudio de la situación energética en la ciudad de Santa Fe (Tymoschuk y Portillo, 2012) y el rol que desempeña la metodología de dinámica de sistemas en el análisis de las fuentes de combustibles fósiles (Kiani, et al., 2010).

Para el gas natural, se ha encontrado un estudio que realiza el análisis de escenarios para el establecimiento de políticas energéticas a largo plazo basado en el modelamiento de sistemas dinámicos (Chi, K. C., Reiner, D., & Nuttall, W. J., 2009). El aporte de esta investigación se centra en la apertura de oportunidades para profundizar el modelamiento y el estudio de variables que tienen un contenido geopolítico y económico.

La metodología de los sistemas blandos (SSM), desarrollada por Peter Checkland, publicada por primera vez en 1981, pertenece al grupo de metodologías de investigación de operaciones blandas que permitirá el análisis tomando en cuenta la cosmovisión de los diferentes involucrados identificados en la problemática. La metodología está basada en la ingeniería de sistemas bajo el enfoque de solución de problemas tecnológicos de mayor complejidad por lo cual, en sus inicios, estaba orientado a los sistemas de pensamiento duros, lo que denominó un paradigma de optimización.

Cabe precisar que se entiende como un problema duro, aquél que define claramente el problema por resolver de forma que no se presentan cuestionamientos sobre el problema planteado; sin embargo, al requerirse la solución de problemas relacionados a políticas resultó poco adecuado al no considerar los elementos subjetivos e interpretativos de los individuos; por tanto, se desarrolla el enfoque del pensamiento blando, es decir, el considerar que cada individuo tiene una percepción personal, una visión particular, de lo que acontece a su alrededor.

En suma, la metodología de los sistemas blandos considera que cada individuo tiene su propia percepción e interpretación del mundo por lo cual tendrá también su propia percepción e interpretación de una situación problemática en particular; entonces, de acuerdo con sus propios intereses, sus objetivos respecto de la solución a la situación problemática serán diferentes. El hacer que todos los involucrados actúen de manera conjunta tomando acción para resolver el problema representa un proceso difícil y complejo. Se requiere definir lo mejor posible la situación problemática no estructurada y estructurada, de ahí que el investigador debe introducirse en el proceso de estructuración del problema para luego desarrollar las definiciones básicas relevantes con sus respectivos modelos conceptuales. Posteriormente, debe comparar los modelos con la realidad para luego desarrollar los cambios deseables y factibles.

Definir la situación problemática no estructurada comprende describir la situación en la que se percibe la existencia de un problema, donde se observa acontecimientos y circunstancias sin tener una idea clara del problema en sí, es decir, sin tener algún tipo de estructura de la situación. En la investigación que se lleva a cabo, la situación problemática no estructurada se

presenta como la ocurrencia del desabastecimiento de GLP sin tener una idea clara de los factores reales que lo causan.

Por otro lado, la situación problemática estructurada implica concatenar todos los elementos que integran la situación describiendo y analizando todo el sistema, considerando los registros históricos de situaciones pasadas y recogiendo las necesidades, aspiraciones y expectativas de los diferentes grupos de interés. Esto contribuirá a formar una imagen de la situación sobre la que pueda visualizarse la estructura, los procesos, los eventos relevantes y las interrelaciones entre todos los elementos involucrados.

En este orden de ideas, una visión sistémica permite observar cómo cada una de las variables de los procesos involucrados en las diferentes fases de la cadena de valor del GLP se relacionan e interactúan para afectar el abastecimiento de GLP. Así, éste se ve afectado cuando se produce una disminución de la producción de gas natural en los lotes debido a la declinación natural de los yacimientos o las condiciones operativas que afectan la producción a las condiciones de recuperación máxima eficiente; adicionalmente, si ocurriera la rotura de cualquiera de los ductos de transporte, ello determinaría un menor volumen de líquidos de gas natural transportado y procesado por lo cual disminuiría la producción de GLP en las plantas de fraccionamiento.

Además, ciertas condiciones climáticas favorecen el oleaje anómalo condicionando el cierre de puertos. Con ello, se ve impedida la actividad normal de carga y descarga de GLP en ciertas plantas de abastecimiento y la carga de Gas Natural Licuado para su exportación. Ello determina un impacto en los inventarios de GLP en las plantas de abastecimiento que, de acuerdo con la normativa vigente, se debe mantener.

Dentro de este contexto, es necesaria la aplicación del análisis multivariante con la finalidad de contar con una herramienta que permita explicar la relación existente entre las variables. El análisis multivariante se realiza bajo el enfoque del modelo de ecuaciones estructurales dado que permite trabajar simultáneamente con muchas relaciones proporcionando eficacia estadística, así como contrastar una serie de relaciones con principios fundamentales o teorías, desarrollando perspectivas sistemáticas y holísticas de la situación problemática analizada.

## **5.1. Tipo**

La investigación es de tipo mixta por cuanto, bajo un nuevo enfoque, implica la combinación de los métodos cualitativo y cuantitativo, en grados diversos, dentro de un mismo estudio. Esta combinación permite realizar inferencias como resultado del análisis de la información recolectada buscando lograr una mejor comprensión de la situación en estudio. Asimismo, es explicativa dado que trata de establecer las relaciones causales existentes entre las variables intervinientes en la problemática que se estudia tratando además de comprobar las hipótesis planteadas; es de diseño no experimental pues se trabaja con data real y, en la medida que el presente proyecto se orienta a la solución de un problema real, se enmarca en la investigación aplicada.

A fin de responder a las preguntas de investigación que se han planteado y cumplir con los objetivos, el alcance de la investigación implicará iniciar con una investigación exploratoria en virtud de los pocos estudios de carácter científico orientados al abastecimiento de combustibles líquidos en el Perú, para luego desarrollar un diseño que permita someter a prueba las hipótesis causales establecidas por lo cual el alcance de la investigación en una segunda etapa es de tipo explicativo. Adicionalmente, se tratará de establecer la existencia de correlación entre las diferentes variables involucradas en el problema por lo cual será de tipo correlacional.

## **5.2 Alcance de la Investigación**

El alcance de la investigación comprende un análisis cualitativo y, a su vez, cuantitativo (mixto), exploratorio, descriptivo, correlacional y, por último, explicativo. De esto se desprende el establecimiento de procedimientos y componentes del proceso, así como el diseño de estrategias.

### 5.3. Diseño de Investigación

El diseño de investigación, de acuerdo a Hernández Sampieri (2010) constituye el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en la investigación; por lo tanto, el diseño para esta investigación será cuantitativo no experimental en virtud de que no se variará en forma intencional las variables independientes para observar sus impactos sobre otras variables sino más bien se trata de determinar la relación entre un conjunto de variables relacionadas con el abastecimiento de GLP, y evaluar cómo evolucionan una o más variables o la relación entre ellas; en este contexto, se puede decir que se trata de un diseño no experimental longitudinal. Para este diseño se ha recolectado datos, en el periodo 2000-2016, a fin de hacer inferencias respecto a la variación de las variables y la relación existente entre ellas.

Básicamente, la evaluación se realiza para poder analizar si uno o más de las variables independientes consideradas en el estudio, se afectan unas a otras, afectan a una o más variables dependientes y las razones de ello. Además, el diseño corresponde a un diseño de tendencia, dado que se analiza cambios a través del tiempo de variables como, por ejemplo, la demanda y el abastecimiento de GLP.

En un diseño no experimental, como es este caso, se cuenta con validez externa al existir la posibilidad de poder generalizar los resultados a situaciones similares que pueden presentarse en otras regiones de América Latina como en otras regiones que buscan asegurar el suministro de energía. La validez interna del análisis establecerá el grado de confianza que se debe tener de que los resultados sean adecuadamente analizados e interpretados; así, cuando se tiene control, entonces los resultados serán válidos.

De acuerdo con la metodología a emplear, se realiza un análisis de las variables para luego realizar el análisis causal. Esencialmente, se hace un análisis para medir el impacto de ciertas variables sobre otras y las razones de ello. Este análisis permite determinar la relación causal existente entre las variables.



Con la finalidad de verificar las variables identificadas intuitivamente se procede a aplicar algunos de los estadios de la metodología de sistemas blandos con la finalidad de conocer la percepción de los grupos de interés involucrados respecto de la problemática del abastecimiento de GLP y el desarrollo del modelo de ecuaciones estructurales para conocer los pesos de cada una de esas variables.

## **5.4 Hipótesis**

Una vez identificados los factores intervinientes en el abastecimiento de GLP, mediante el análisis causal y validado mediante la aplicación de la metodología de la dinámica de los sistemas blandos, es necesario ponderar sus efectos al obtener las cargas correspondientes.

La obtención de las cargas permite conocer cuál o cuáles de los factores involucrados tiene el mayor o los mayores impactos sobre el abastecimiento de GLP de tal forma que al actuar sobre esos factores se podrá eliminar o mitigar sus efectos negativos. Asimismo, será posible establecer acciones y lineamientos de política energética para asegurar un suministro sostenible de GLP en todo el país.

### **5.4.1 Hipótesis general**

El factor que tiene una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP a nivel nacional se encuentra entre los factores incluidos en el modelo de ecuaciones estructurales.

### 5.4.2 Hipótesis específicas

H<sub>1</sub>: La producción de petróleo es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>2</sub>: La producción de líquidos de gas natural (LGN) es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>3</sub>: El procesamiento de petróleo es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>4</sub>: La importación de petróleo es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>5</sub>: Las reservas de petróleo son el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>6</sub>: Las reservas de gas natural son el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>7</sub>: El procesamiento de LGN es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>8</sub>: La capacidad de almacenamiento de GLP es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>9</sub>: El cierre de puertos es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>10</sub>: La producción de GLP es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>11</sub>: La demanda de GLP es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>12</sub>: La importación de GLP es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

H<sub>13</sub>: Los inventarios de GLP son el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

## **5.5 Población y muestra**

Los grupos de interés involucrados son: Estado (Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos, Perupetro y Osinergmin); los operadores (plantas de producción de GLP; plantas de abastecimiento; importadores); empresas (plantas envasadoras, transportistas en camiones cisterna; distribuidores de GLP a granel; establecimientos de venta al público como gasocentros y locales de venta de cilindros de GLP; industrias y establecimientos comerciales); la comunidad (amas de casa; propietarios de vehículos particulares; taxistas y mototaxistas). Adicionalmente, como un grupo de interés de otra naturaleza se puede incluir a las comunidades dentro de las áreas de influencia, dado que ellas son afectadas por los derrames y fugas, derechos de vía, uso de tierras, entre otros aspectos.

De este grupo de involucrados, los sujetos directamente involucrados con el mantenimiento del stock de seguridad son: Estado (Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos, Perupetro y Osinergmin); las plantas de procesamiento de gas natural y las plantas de producción de GLP; plantas de abastecimiento e importadores e indirectamente, las comunidades dentro de las áreas de influencia.

De acuerdo con la normativa existente, las plantas de abastecimiento deben contar con existencias medias y mínimas de seguridad que equivalen a 15 días y 5 días, respectivamente, del

despacho promedio diario de los últimos seis meses; por tanto, se tomará como población a todas las plantas de abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

Para la data de producción se tomará al total de operadoras que producen gas natural asociado y gas natural condensado; para la data de procesamiento se tomará al total de empresas que procesan gas natural y las que producen GLP; para efectos de analizar capacidad de almacenamiento se tomará al total de plantas de abastecimiento.

## 5.6 Variables

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014), una variable es una propiedad que puede cambiar y cuya variación es susceptible de ser observada o medida. Su valor para esta investigación se sustenta en que se va a relacionar con otras variables. Las variables que se establecen en esta investigación surgen de los factores intervinientes pertinentes al problema de investigación que se plantea y que se derivan del mapa pictográfico.

En una primera etapa, las variables o factores críticos de cambio que fueron considerados relevantes en la evaluación del impacto sobre el normal abastecimiento de GLP a nivel nacional son los siguientes:

- Reservas de gas natural
- Reservas de petróleo
- Producción de petróleo
- Producción de gas natural
- Producción de líquidos de gas natural
- Producción de GLP
- Importación de GLP
- Importación de Petróleo
- Petróleo procesado
- Líquidos de gas natural procesados

- Capacidad de almacenamiento de GLP
- Demanda de GLP
- Inventarios de GLP
- Cierre de puertos

La variable Producción de gas natural está relacionada con la producción de líquidos de gas natural por lo cual esta variable no es considerada en el análisis. Las demás variables son analizadas a fin de identificar aquellas que pueden convertirse en variables críticas que pueden afectar el abastecimiento normal de GLP.

Martínez (2008) indica que debe prestarse atención al número de variables que se incluyen para efectos del modelamiento. Como regla general, se establece que se debe obtener la mejor solución con el menor número de variables.

De otro lado, una de las consideraciones más importantes es la de conseguir la fiabilidad de las variables lo cual significa determinar el error de la medida. Ello implica determinar el grado en que los valores que se han observado representan los verdaderos y, por lo tanto, no tienen error. Siendo que en esta investigación se trabaja con datos reales, se puede considerar que los datos son verdaderos y están libres de error; por lo tanto, ello garantiza la fiabilidad de las variables. Además, dado que la estimación del coeficiente alfa de Cronbach para determinar la fiabilidad de los constructos lo restringe a un valor mínimo aceptable de 0.7, ello permite reducir el número de variables con las que se hará el modelamiento.

Ahora bien, las variables críticas identificadas se definen conceptual y operacionalmente; la definición operacional permite especificar el significado exacto de cada variable; asimismo, concretar de qué manera y bajo qué términos es evaluada la variable que permita obtener un nivel de cuantificación para un análisis de datos adecuado; además, la definición operacional debe utilizarse como un indicador de un concepto dentro del contexto en el que se desarrolla esta investigación.

Varias de las definiciones conceptuales de las variables se encuentran en el glosario de hidrocarburos establecido en el DS 032-2002-EM y sus modificatorias; y, su medida y monitoreo se realiza a través de reportes que presentan las empresas operadoras en el Ministerio de Energía y Minas, así como las transacciones que se registran en el sistema de control de órdenes de pedido que administra el organismo regulador peruano, Osinergmin.

## **5.7 Métodos e instrumentos de investigación**

Las técnicas de recolección de datos para cada una de las variables han contemplado:

- Información histórica de oferta y demanda de GLP, a nivel nacional, obtenida de los reportes anuales del Ministerio de Energía y Minas, publicados en su portal web. Estos reportes son preparados por información directa de las empresas operadoras, en cumplimiento de la normativa legal vigente.
- Reportes de Osinermin, publicados en su portal web, a partir de la información enviada por los agentes supervisados por la entidad reguladora, en cumplimiento de la normativa legal vigente.
- El juicio experto, cuando ha sido requerido.

La data referida a la producción de gas natural del operador ha sido obtenida directamente de los reportes emitidos por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). Estos reportes son preparados a partir de información de la base de datos, la misma que es alimentada con los reportes que registran directamente las plantas de producción y de abastecimiento por obligación normativa.

Los reportes para la estimación de la demanda nacional actual de GLP se obtienen de la estadística publicada por el Ministerio de Energía y Minas y de la data histórica de los reportes de las transacciones comerciales de los agentes comercializadores de GLP.

El contar con un modelo que permita simular el comportamiento de las variables en el tiempo constituye un procedimiento innovador para el pronóstico de las transacciones y la supervisión de inventarios de GLP por parte del organismo regulador peruano, Osinergmin.

## 5.8 Análisis de los datos.

Dos componentes importantes en el modelamiento de ecuaciones estructurales es el análisis factorial confirmatorio, el cual opera con variables observables y latentes; y, el análisis de ruta que sólo opera con variables observables (Nokelainen, 1999)

El análisis de ruta examina cómo ciertas variables independientes se encuentran estadísticamente relacionadas con variables dependientes, aplicando las técnicas de regresión, con la intención de obtener una mejor solución para la problemática que se investiga. Ello permite una interpretación causal de dependencias estadísticas además de cómo una información real puede ajustarse a un modelo teórico

Utilizando la lógica del análisis de ruta se realiza el modelamiento de ecuaciones estructurales vía regresión múltiple. Los coeficientes de las rutas representan coeficientes normalizados de regresión parcial ( $\beta$ ).

La regresión múltiple es un método apropiado cuando el problema incluye una variable métrica dependiente que se encuentra relacionada con una o más variables métricas independientes. En este análisis se pretende predecir los cambios en la variable dependiente como resultado de cambios en las variables independientes. Con frecuencia, este objetivo se logra mediante la aplicación de la regla estadística de los mínimos cuadrados.

Se presenta una breve comparación de la regresión básica con la regresión múltiple, para ello se recuerda que la covarianza definida como,

$$\text{Covarianza}(x, y) = \sum (y - \bar{y})(x - \bar{x})$$

refleja la desviación de x e y con respecto de sus medias correspondientes. Valores grandes denotan una mayor variación compartida entre x e y.

En la regresión múltiple, si  $x$  e  $y$  están normalizados,  $r = b$  en el caso bivariado. En el caso de predictores múltiples ( $X_1$  y  $X_2$ ),  $b$  viene a ser un coeficiente de regresión parcial. A continuación, la Tabla 11 muestra un resumen de las diferencias entre la regresión lineal y la regresión múltiple.

Tabla 11

***Diferencias entre la regresión lineal y la regresión múltiple***

<b>Coefficiente de Regresión Lineal</b>	<b>Coefficiente de Correlación de Pearson</b>
$b_{yx} = \frac{\sum (y - \bar{y})(x - \bar{x})}{\sum (x - \bar{x})^2}$	$r = \frac{\sum (y - \bar{y})(x - \bar{x})}{\sqrt{\sum (y - \bar{y})^2} \sqrt{\sum (x - \bar{x})^2}}$
Es una medida asimétrica (se usa $x$ para predecir $y$ ; nótese el coeficiente $b_{yx}$ )	Es una medida simétrica (ninguna variable es considerada como dependiente o independiente)
Intuitivamente es igual a la Covarianza ( $x,y$ ) 'normalizado' por $\text{Var}(x)$	Intuitivamente es igual a la Covarianza ( $x,y$ ) 'normalizado' mediante $\text{DS}(x) * \text{DS}(y)$

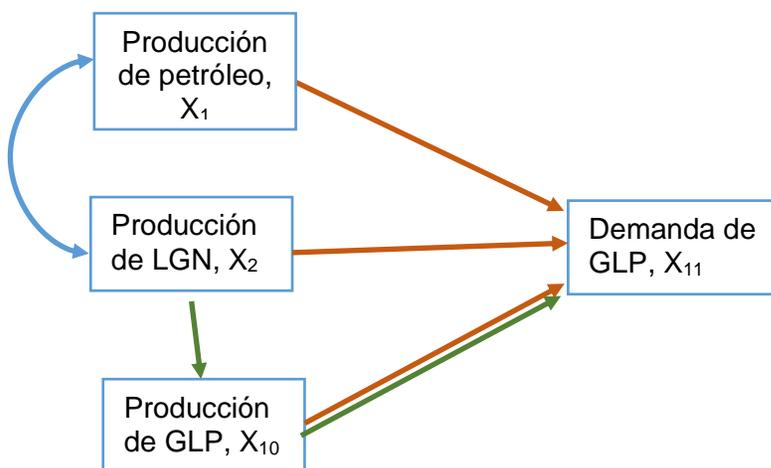
Nota. Fuente: STRUCTURAL EQUATION MODELING: Introduction and Application to HIV Risk Behaviors...and other stuff... James Alan Neff (2003)

Una vez recolectada la data, el análisis de ruta se realiza dibujando primero un diagrama de ruta de acuerdo con lo indicado por la teoría; en segundo lugar, se realiza uno o más análisis de regresión comparando los estimados de regresión con las asunciones teóricas de otros estudios. Si fuera necesario, debe modificarse el modelo removiendo o agregando conexiones entre las variables desarrollando los análisis de regresión adicionales, así como las correspondientes comparaciones teóricas.

El número de observaciones, de acuerdo con Nokelainen (1999), deben ser de aproximadamente 30 por cada variable independiente; en este caso, se trabajará con observaciones en el periodo 2000 - 2016, que incluye los últimos episodios de desabastecimiento de GLP que se produjeron en el país y que son motivo del desarrollo de esta investigación.

Las asunciones teóricas de causalidad implican que las variables X (variables independientes) e Y (variables dependientes) se correlacionan; que X precede cronológicamente a Y; además, de encontrarse todavía relacionadas luego de controlar otras dependencias.

Las asunciones estadísticas parten de que el modelo requiere ser recursivo y todas las variables son medidas y analizadas sin error de medición ( $\varepsilon = 0$ ). El hecho de ser recursivo establece que la dependencia causal es unidireccional (flechas en un solo sentido). Sin embargo, si se tienen dudas al respecto, puede asumirse que es correlacional (flecha con dos puntas). Por ejemplo, según se observa en la Figura 31.



*Figura 31.* Modelo recursivo.  
Elaboración propia

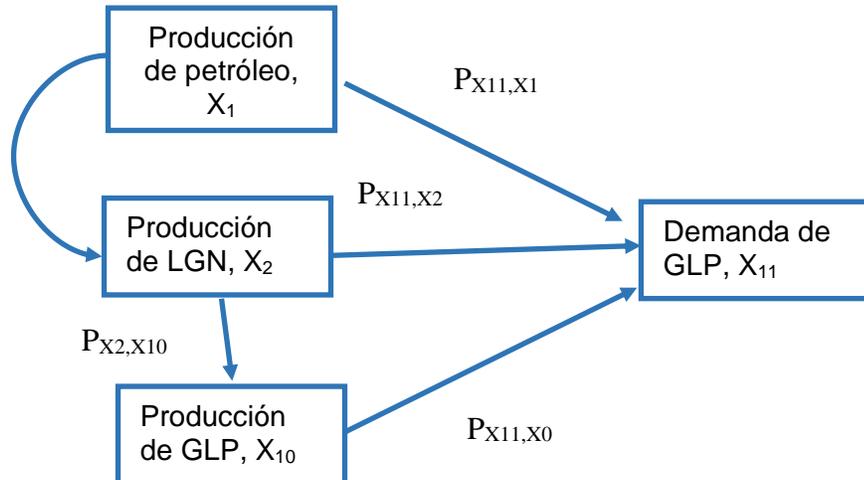
En la Figura 31, se observan efectos directos (en color marrón) y efectos indirectos (en verde); asimismo, se identifica dos tipos de variables, la endógena (dependiente) y las exógenas (independientes). Por cada variable dependiente, se desarrolla un análisis de regresión; entonces,

$$X_1 + X_2 + X_{10} = X_{11}$$

$$X_2 = X_{10}$$

Los coeficientes de ruta son un producto de uno o más análisis de regresión, representan indicadores de dependencia estadística entre variables,  $P_{X_{11},X_{10}}$

Donde,  $X_{10}$  es una de las variables independientes y  $X_{11}$  es la variable dependiente



*Figura 32.* Modelo con coeficientes de ruta.  
Elaboración propia

Los coeficientes de ruta pueden ser normalizados ( $B$ ) o ser coeficientes de regresión no normalizados ( $\beta$ ). La fortaleza de las dependencias inter variables son comparables a otros estudios cuando se utilizan los valores normalizados ( $z$ , donde  $M = 0$  y  $SD = 1$ ); por otro lado, los valores no normalizados permiten la evaluación de la escala de medida original de las dependencias inter variables.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad z = \frac{(x - \bar{x})}{SD}$$

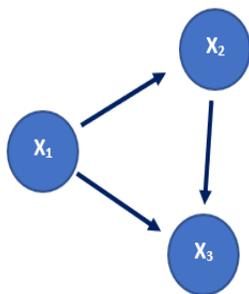
El coeficiente de ruta ( $P_{V_D, V_I}$ ) indica el efecto directo de la variable independiente sobre la dependiente. Si el modelo contiene una sola variable independiente y una sola variable

dependiente, el coeficiente de ruta es igual al coeficiente de correlación. Si en los modelos que tienen más de dos variables (por ejemplo, dos VD y una VI), los coeficientes de ruta son iguales a los coeficientes de correlación parcial, los cuales pueden ser vistos como funciones de operaciones sobre una matriz de correlación. Los otros coeficientes de ruta se controlan mientras se va calculando cada coeficiente de ruta individual.

Nokelainen (1999) establece que no se requiere utilizar LISREL o AMOS, se puede utilizar dos análisis de regresión separados en SPSS y llegar a los mismos resultados; mientras que Neff (2003) muestra la lógica de prueba del modelo en el modelamiento de ecuaciones estructurales empezando con una matriz de correlación observada; tomando como ejemplos  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ .

	$X_1$	$X_2$	$X_3$
$X_1$	1.0	$r_{12}$	$r_{13}$
$X_2$		1.0	$r_{23}$
$X_3$			1.0

La hipótesis que se quiere probar para el modelo estructural siguiente es



Donde el modelo puede representarse según las siguientes ecuaciones:

$$r'_{12} = p_{21}$$

$$r'_{13} = p_{31} + p_{32}p_{21} \text{ (efecto directo de } X_1 \text{ sobre } X_3 \text{ más el efecto indirecto a través de } X_2)$$

$$r'_{23} = p_{32} + p_{31}p_{21} \text{ (efecto directo de } X_2 \text{ sobre } X_3 \text{ más el efecto de } X_1$$

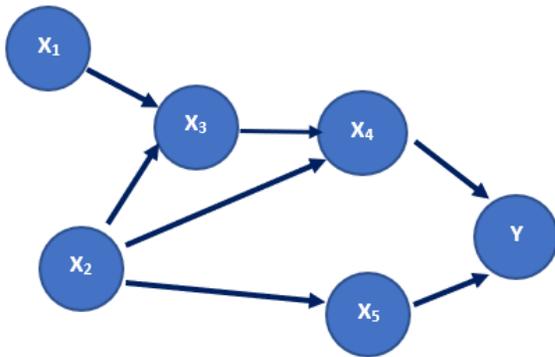
Donde,  $r'_{ij}$  representa las correlaciones estimadas o reconstruidas, basadas en el modelo teórico.

Los coeficientes de ruta pueden estimarse utilizando métodos de regresión múltiple (coeficientes parciales normalizados) con base en un modelo dado y usados para reconstruir la matriz de correlación.

Las correlaciones estimadas se pueden comparar con correlaciones observadas y el coeficiente chi cuadrado mostrará si hay ajuste; esto implica que un valor chi cuadrado no significativo denotará un buen ajuste, es decir, mientras más pequeño sea el coeficiente chi cuadrado, más similares serán las correlaciones observada y estimada.

Hay que tomar en cuenta que, si se trabaja con un modelo alternativo, éste podrá dar una serie de correlaciones esperadas diferentes que pueden tener un mejor o peor ajuste, por lo cual al correr diferentes modelos deben compararse los valores chi cuadrado.

Si se considera un diagrama de mayor complejidad, la reconstrucción de la matriz de correlación ( $r'_{ij}$ ) en términos de los coeficientes de ruta directos e indirectos sería así:



$$r'_{13} = p_{31}$$

$$r'_{23} = p_{32}$$

$$r'_{14} = p_{43}p_{31}$$

$$r'_{24} = p_{43}p_{32} + p_{42}$$

$$r'_{52} = p_{52}$$

$$r'_{y1} = p_{y4}p_{43}p_{31}$$

$$r'_{y2} = p_{y4}p_{42} + p_{y4}p_{43}p_{32} + p_{y5}p_{52}$$

La aplicación de la regla del pulgar indica que la correlación reconstruida entre dos variables es igual a la suma de todas las rutas directas e indirectas posibles. Por otro lado, es posible obtener los coeficientes de ruta mediante la regresión múltiple a través de los modelos de variables observadas, usando el software SPSS para obtener los coeficientes  $\beta$  para cada ecuación estructural:

$$X_3 = \beta_{31}X_1 + \beta_{32}X_2$$

$$X_4 = \beta_{41}X_1 + \beta_{42}X_2 + \beta_{43}X_3$$

$$X_5 = \beta_{52}X_2$$

$$Y = \beta_{y5}X_5 + \beta_{y4}X_4 + \beta_{y3}X_3 + \beta_{y2}X_2 + \beta_{y1}X_1$$

Cada modelo de regresión incluye todos los predictores cuyas flechas apunta hacia cada variable; sin embargo, podría omitirse los efectos indirectos, constituyendo un modelo alternativo de forma que se calcula los valores chi cuadrado para evaluar el ajuste en cada caso.

Por tanto, un primer procedimiento que se sigue implicaría correr primero el modelo completo, luego identificar las rutas no significativas y correr el modelo quitando una por una y evaluando los cambios en el ajuste, éste es un enfoque empírico. El modelo debe estar basado en la teoría. Un segundo procedimiento implica reducir el modelo hipotético y correrlo sin considerar las rutas no significativas para evaluar si la adición de estas rutas mejora el ajuste del modelo. En conclusión, es necesario evaluar la significancia de cada ruta y la mejora global del ajuste del modelo.

Cabe mencionar que, en el modelo de factor común, el indicador de un grupo de medidas observadas responde a un factor único y a una función lineal de uno o más factores, según se aprecia claramente en la Figura 33, presentada por Aldas-Manzano (2017); asimismo, existen dos análisis basados en este factor único por lo cual debe hacerse una distinción entre el análisis factorial confirmatorio (ver Figura 34) y el análisis factorial exploratorio (ver Figura 33).

En el modelo de análisis factorial exploratorio, “todos los indicadores cargan libremente en todos los factores latentes y la solución es rotada para maximizar la magnitud de las cargas primarias y minimizar la magnitud de las cargas cruzadas” (Fernández, 2015; p.8), lo cual se observa claramente en la Figura 33.

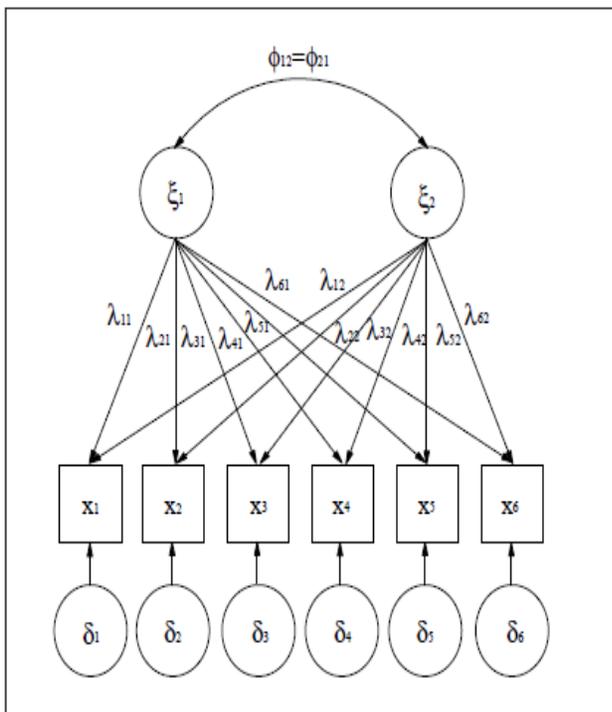


Figura 33. Modelo Análisis Factorial Exploratorio.  
Aldas-Manzano (2017)

En relación al análisis factorial confirmatorio, éste permite encontrar grupos de variables que se correlacionan entre sí y muestran cierta homogeneidad; análogamente, el análisis permite determinar los factores que influyen en las medidas observadas con su correspondiente correlación. Por otro lado, además de definir otros parámetros, se define un número de factores y se especifica el patrón de relación que existe entre el indicador y los pesos o cargas factoriales. Aquí, previamente, debe especificarse todos los aspectos del modelo factorial. Además, mientras que en el análisis exploratorio se trabaja con una matriz de correlaciones; en el análisis confirmatorio, se trabaja con una matriz de varianzas y covarianzas. Asimismo, en gran parte del análisis no existe necesidad de estandarizar las variables latentes ni las observadas por lo que es posible obtener como resultado una solución estandarizada y una no estandarizada con parámetros expresados en su métrica de origen; pero, a pesar de ello, pueden modelarse los errores de medición.

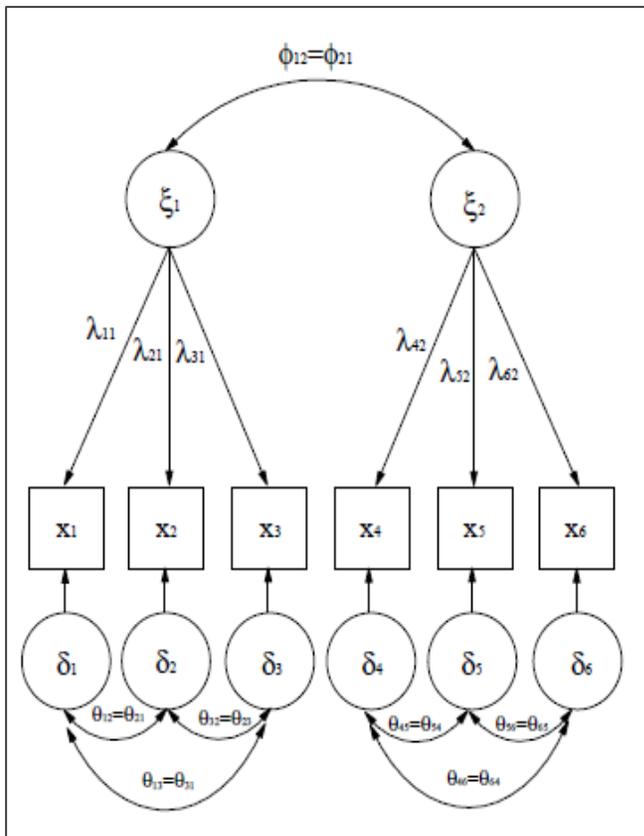


Figura 34. Modelo Análisis Factorial Confirmatorio.  
Aldas-Manzano (2017)

Las estimaciones del análisis factorial confirmatorio requiere estimar parámetros como las cargas factoriales, las varianzas y covarianzas de error, así como las varianzas y covarianzas factoriales a fin de reproducir la matriz de varianzas y covarianzas observada. Como es el caso del modelo de ecuaciones estructurales, se encuentra variables latentes exógenas, no causadas por otras variables; y endógenas, causadas por uno o más variables en el modelo. Cabe destacar que se realizó un análisis factorial confirmatorio para la validación de los constructos previo al modelamiento mediante ecuaciones estructurales.

## Capítulo VI: Resultados

Como resultado del análisis de los eventos dentro del contexto interno y externo; además de los eventos no humanos generadores de riesgos, utilizando las fuentes de información durante la etapa de recolección y mediante el análisis de la cosmovisión de todos los grupos de interés involucrados en el abastecimiento de GLP se ha desarrollado una serie de definiciones básicas que constituyen sistemas de actividad humana sobre los cuales se deberá trabajar las soluciones alternativas a la problemática planteada; por otro lado, este análisis ha permitido también identificar una serie de variables que constituyen factores que contribuyen de diferente manera y con diferente peso, en el aumento o la reducción de la problemática.

En ese orden de ideas, en el capítulo precedente se seleccionaron 14 variables o factores críticos de relevancia en la evaluación del impacto sobre el abastecimiento de GLP a nivel nacional; estos son:

- Producción de petróleo
- Producción de líquidos de gas natural
- Petróleo procesado
- Importación de Petróleo
- Reservas de petróleo
- Reservas de gas natural
- Líquidos de gas natural procesados
- Capacidad de almacenamiento de GLP
- Cierre de puertos
- Producción de GLP
- Demanda de GLP
- Importación de GLP
- Inventarios de GLP
- Producción de gas natural

En virtud de que la producción de gas natural va ligada a la de los líquidos de gas natural, la última variable no se considera para efectos del análisis multivariable. A partir de ella se ha construido la Tabla 12 que, a su vez, identifica cada una de las variables con los códigos con los que serán ingresadas al software correspondiente.

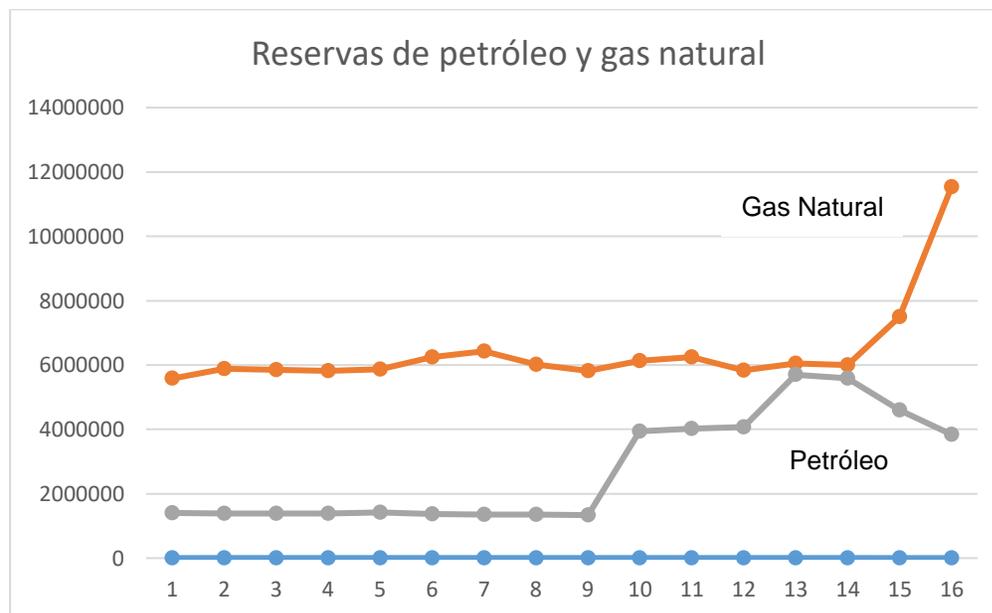
Se ha graficado cada una de estas variables con la finalidad de observar sus variaciones tendenciales en el periodo analizado.

Tabla 12.  
*Datos de las variables que constituyen los factores de cambio, en archivo Excel*

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
	PRODPET	PRODLGN	PROCPET	IMPPET	RESPET	RESLGN	PROCLGN	CAPGLP	CIERRE	PRODGLP	DEMGLP	IMPGLP	INVGLP
Año	Producción de Petróleo Crudo	Producción de Líquidos de Gas Natural	Petróleo procesado	Importación de petróleo	Reservas de petróleo crudo	Reservas de LGN	LGN procesado	Capacidad almacenamiento plantas GLP	Cierre de puertos	Producción de GLP	Demanda de GLP	Importación de GLP	Inventario de GLP
2000	34,891,410	1,421,894	52,512,700	22,323,400	5,580,394,000	1,398,112,000	1,657,800	430,200	103.00	3,130,200	4,959,810	1,981,300	6,714,900
2001	33,993,333	1,447,134	55,722,900	27,054,700	5,880,316,000	1,381,732,000	1,698,200	430,200	109.00	2,945,300	5,146,730	2,375,000	6,949,000
2002	33,862,336	1,493,505	54,277,800	26,934,900	5,847,253,000	1,381,934,000	1,707,300	430,200	112.88	3,082,100	5,860,320	2,862,100	7,912,400
2003	31,872,616	1,469,981	52,106,500	30,431,200	5,819,849,000	1,380,157,000	1,672,400	430,200	128.60	3,064,800	6,404,260	3,492,100	8,646,800
2004	29,243,429	5,204,582	52,891,100	30,307,500	5,864,143,000	1,412,509,000	1,913,700	730,900	233.88	4,686,700	6,691,340	2,748,400	56,693,900
2005	27,540,851	13,081,727	58,436,800	34,989,800	6,239,066,000	1,373,760,000	13,384,600	730,900	175.75	8,779,800	7,810,270	735,800	91,460,200
2006	28,314,291	13,872,871	55,247,000	36,944,000	6,425,432,000	1,359,886,000	14,640,000	730,900	219.97	9,240,700	8,614,480	91,400	125,206,600
2007	28,146,437	13,415,774	58,005,600	40,239,100	6,015,527,000	1,352,470,000	14,390,500	730,900	178.25	9,280,200	9,652,990	1,018,600	131,854,900
2008	28,027,081	15,903,295	55,949,300	35,477,200	5,810,981,000	1,336,568,000	16,670,800	913,700	172.50	10,560,800	11,107,150	1,409,800	128,127,300
2009	25,926,862	27,100,166	55,615,800	36,328,100	6,129,400,000	3,939,724,000	27,550,400	913,700	158.24	15,338,300	11,924,510	0	174,620,400
2010	26,531,261	30,831,711	54,996,200	34,741,500	6,252,149,000	4,026,990,000	30,963,000	913,700	539.03	17,118,900	13,258,280	0	215,283,400
2011	25,386,804	30,354,379	53,224,300	34,341,300	5,828,612,000	4,065,166,000	30,485,000	913,700	584.78	16,730,900	14,789,980	100	177,967,600
2012	24,395,576	31,595,725	53,196,000	33,065,200	6,053,470,000	5,697,388,000	31,960,700	913,700	508.21	18,045,700	16,203,380	0	173,430,800
2013	22,956,028	38,187,068	47,937,100	30,991,900	6,004,596,000	5,596,399,000	37,982,200	1,199,600	403.00	20,900,900	17,959,600	0	219,531,700
2014	25,295,795	37,750,846	49,493,900	30,453,840	7,496,720,000	4,601,803,000	36,366,200	1,199,600	475.00	20,311,400	18,242,600	24,700	231,746,700
2015	21,172,853	33,359,964	51,942,300	32,330,600	11,538,409,000	3,839,241,000	31,637,700	1,199,600	497.00	18,587,000	18,869,000	1,119,000	358,430,000
2016	14,773,000	34,672,000	52,525,800	37,950,900	16,240,000,000	2,717,500,000	31,961,600	1,199,600	602.40	18,426,400	20,076,000	2,251,000	263,703,000

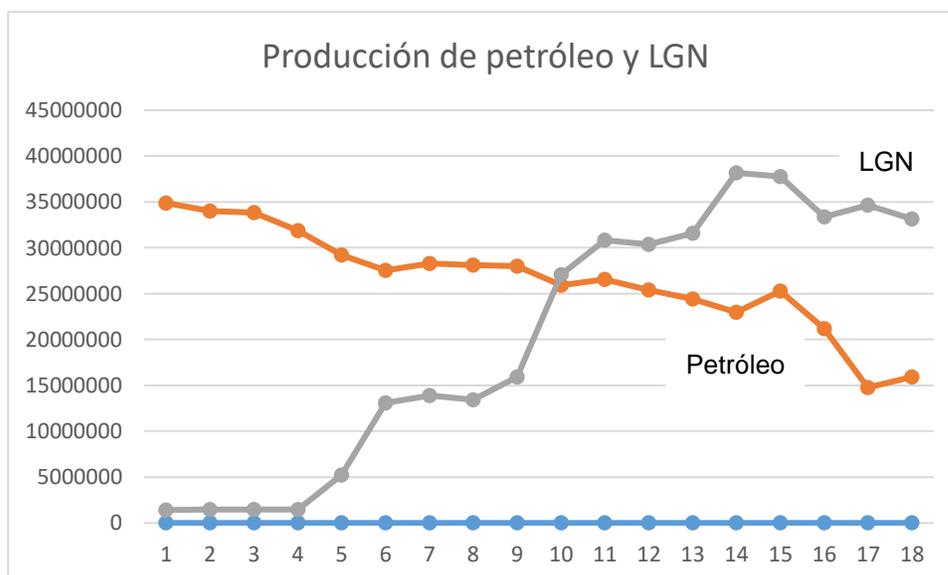
Nota. Fuente: Adaniya (2019)

La Figura 35 muestra la variación de las reservas de petróleo y gas natural; mientras que las reservas de petróleo van disminuyendo por la falta de inversiones en exploración, las de gas natural fueron incrementándose, según los libros de reserva remitidos anualmente por las empresas operadoras al Ministerio de Energía y Minas.



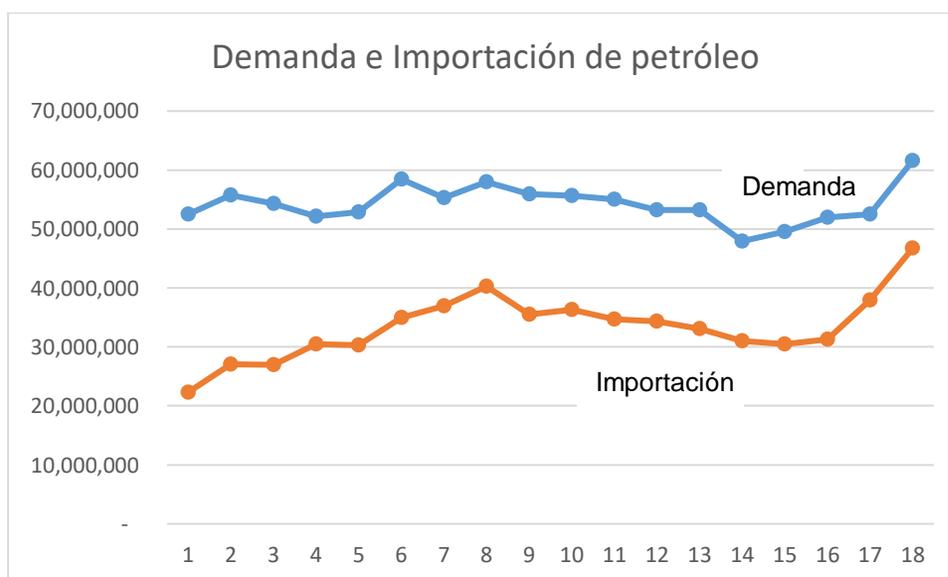
*Figura 35.* Reservas de petróleo y gas natural.  
DGH-MEM (2000-2016)

A continuación, la Figura 36 muestra la continua reducción de la producción nacional de petróleo (variable X1) mientras que la producción de los líquidos de gas natural (variable X2) ha ido incrementándose desde el 2004, con el inicio del desarrollo de los yacimientos de Camisea, al 2016. La Figura demuestra la importancia de considerar como variable la producción de los líquidos de gas natural.



*Figura 36.* Producción de petróleo y LGN.  
DGH – MEM (2000-2016)

Si se revisa la Figura anterior con la Figura 37, se observa que la demanda de petróleo básicamente se ha mantenido estable; sin embargo, no ha podido ser satisfecha con la producción nacional por lo cual ha sido necesaria la importación. En la misma medida, con el aumento de la demanda se ha ido incrementando la importación de petróleo (variable X4).

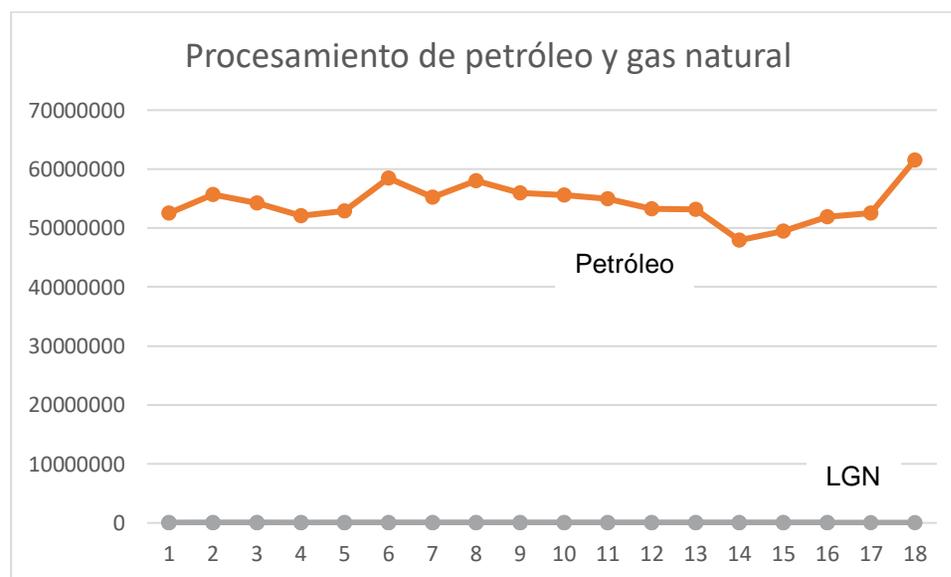


*Figura 37.* Demanda e Importación de petróleo.  
DGH – MEM (2000-2016)

La Figura 38, muestra la gran diferencia entre los volúmenes de procesamiento y de líquidos de gas natural dado que, en el primer caso, se obtienen combustibles como GLP, las gasolinas y gasoholes (84RON, 90RON, 95RON, 97RON, 98RON) y diéseles (diésel DB5, diésel DB5 S50) entre otros.

El procesamiento de los líquidos y condensados de gas natural produce básicamente GLP, gasolina natural, solventes y destilados medios para mezcla (MDBS) dependiendo de la planta de procesamiento de gas natural (dos plantas criogénicas y dos plantas de fraccionamiento), de las existentes en el país.

Como es posible observar, los niveles de procesamiento de los líquidos de gas natural se encuentran muy lejos de los niveles de procesamiento de petróleo (variable X3); sin embargo, su importancia radica en que la producción de GLP a partir de los líquidos de gas natural (variable X7) cubre más del 83 % de la demanda de GLP a nivel nacional.



*Figura 38.* Procesamiento de petróleo y gas natural.  
DGH – MEM (2000-2016)

Por otro lado, la Figura 39 muestra la evolución anual de la producción (variable X10), la demanda (variable X11) y la importación de GLP (variable X12). Puede apreciarse que se ha presentado circunstancias en las que la producción nacional ha sido superada por la demanda de tal forma que se ha visto necesario realizar importaciones de este hidrocarburo. Las líneas de tendencia muestran un continuo descenso de los niveles de producción de GLP ante una demanda creciente por este hidrocarburo. Este es un indicador de que las importaciones continuarán incrementándose en el tiempo hasta que las plantas de procesamiento amplíen su capacidad de procesamiento y se incremente la producción de GLP o este producto sea sustituido con base en un programa exitoso de masificación del gas natural seco a nivel residencial, comercial e industrial.

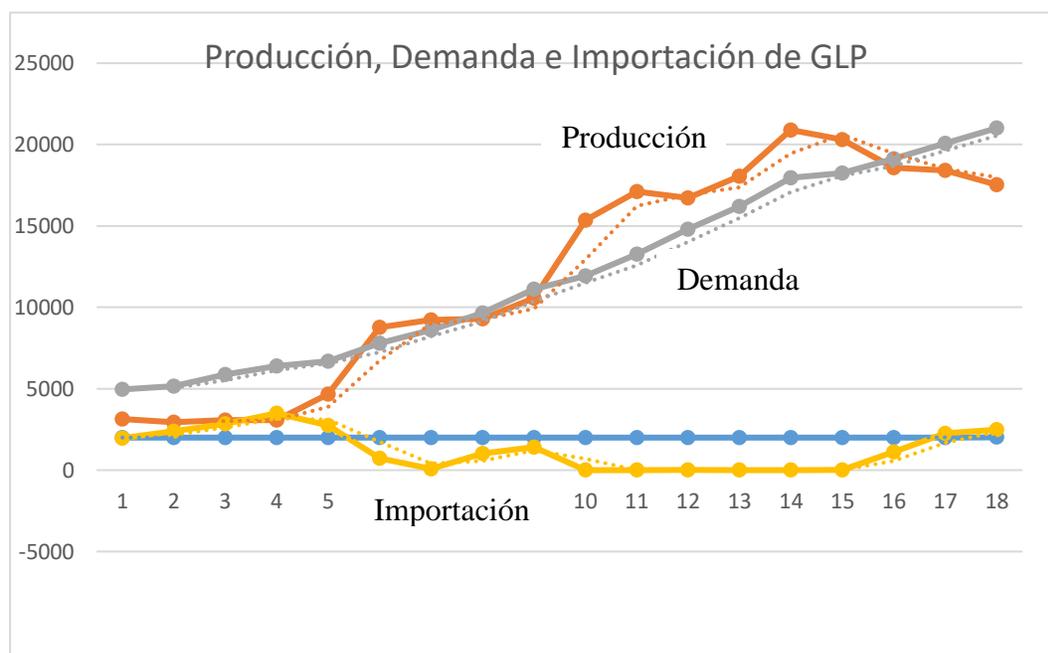


Figura 39. Producción, Demanda e Importación de GLP.  
DGH MEM (2000-2016)

En la medida que la producción de los líquidos de gas natural está asociada a la producción de gas natural, la variable X14 no ha sido tomada en cuenta, quedando entonces 13 variables. Por otro lado, la variable X6 ha sido redefinida como Reservas de líquidos de gas natural pues es la que se encuentra relacionada de manera directa con la producción de GLP.

De esta manera, han quedado trece variables etiquetadas como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 13  
*Variables exógenas*

<b>Factor</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
X1	PRODPET	Producción de Petróleo
X2	PRODLGN	Producción de Líquidos de Gas Natural
X3	PROCPET	Procesamiento de Petróleo
X4	IMPPET	Importación de Petróleo
X5	RESPET	Reservas de Petróleo
X6	RESLGN	Reservas de Líquidos de Gas Natural (LGN)
X7	PROCLGN	Procesamiento de Líquidos de Gas Natural
X8	CAPGLP	Capacidad de almacenamiento de GLP
X9	CIERRE	Cierre de puertos
X10	PRODGLP	Producción de Gas Licuado de Petróleo (GLP)
X11	DEMGLP	Demanda de GLP
X12	IMPGLP	Importación de GLP
X13	INVGLP	Inventarios de GLP

Nota. Fuente: Elaboración propia

Estas variables constituyen las variables exógenas del modelo, las cuales estarían relacionadas con variables endógenas de manera de construir el modelo de ecuaciones estructurales requerido.

Por otro lado, en virtud de que las variaciones en los precios son una consecuencia de los cambios en la oferta física de los combustibles, tanto real como la esperada, los precios pueden considerarse como variables endógenas y, por lo tanto, el componente de precio de la seguridad energética se deja fuera del análisis realizado en esta investigación, reconociendo las importantes consecuencias de las modificaciones de los precios de los hidrocarburos y sus derivados para el crecimiento económico y el bienestar social de la población.

## **6.1 Análisis de fiabilidad**

Como es usual en el análisis multivariable, el primer paso es determinar el valor del coeficiente Alpha de Chronbach a fin de estimar la fiabilidad de los constructos; en este caso, al utilizar información real, procedente de registros históricos, el resultado obtenido debe ratificar la conclusión de que, en caso de uso de data real, el valor obtenido no descalifica la aplicación de una técnica multivariable (Lloret-Segura, 2014).

Con la finalidad de seguir con la metodología y realizar las comprobaciones correspondientes, se ha desarrollado un análisis de fiabilidad para lo cual se ha utilizado el software estadístico SPSS AMOS versión 23 con el objeto de efectuar un análisis semejante buscando encontrar consistencia como si se hubiera recogido las respuestas sobre las preguntas de un cuestionario; la Tabla 15 muestra el fichero de datos utilizado. En esta investigación, se utiliza el coeficiente Alpha de Chronbach para determinar la consistencia entre las variables involucradas. En una corrida inicial con las 13 variables se obtuvo un coeficiente Alpha de Chronbach de 0,252; según se aprecia en la Tabla.

Tabla 14

***Estadísticos de fiabilidad***

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	Nº de elementos
0,252	0,745	13

Nota. Fuente: Resultados de SPSS 23

La matriz de correlaciones muestra que todos los coeficientes de correlación son diferentes de cero, por lo cual se puede continuar con el análisis

Tabla 15.  
Vista de fichero de datos del programa SPSS versión 23

Datos29JUL18.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	PRODPET	PRODLGN	PROCPET	IMPPET	RESPET	RESLGN	PROCLGN	CAPGLP	CIERRE	PRODGLP	DEMGLP	IMPGLP	INVGLP	PROLGN	PROP
1	34891410,00	1421894,00	52512700,00	22323400,00	5580394000	1398112000	1657800,00	430200,00	103,00	3130200,00	4959810,00	1981300,00	6714900,00	.	.
2	33993333,00	1447134,00	55722900,00	27054700,00	5880316000	1381732000	1698200,00	430200,00	109,00	2945300,00	5146730,00	2375000,00	6949000,00	.	.
3	33862336,00	1493505,00	54277800,00	26934900,00	5847253000	1381934000	1707300,00	430200,00	112,88	3082100,00	5860320,00	2862100,00	7912400,00	.	.
4	31872616,00	1469981,00	52106500,00	30431200,00	5819849000	1380157000	1672400,00	430200,00	128,60	3064800,00	6404260,00	3492100,00	8646800,00	.	.
5	29243429,00	5204582,00	52891100,00	30307500,00	5864143000	1412509000	1913700,00	730900,00	233,88	4686700,00	6691340,00	2748400,00	56693900,00	.	.
6	27540851,00	13081727,00	58436800,00	34989800,00	6239066000	1373760000	13384600,00	730900,00	175,75	8779800,00	7810270,00	735800,00	91460200,00	.	.
7	28314291,00	13872871,00	55247000,00	36944000,00	6425432000	1359886000	14640000,00	730900,00	219,97	9240700,00	8614480,00	91400,00	125206600,00	.	.
8	28146437,00	13415774,00	58005600,00	40239100,00	6015527000	1352470000	14390500,00	730900,00	178,25	9280200,00	9652990,00	1018600,00	131854900,00	.	.
9	28027081,00	15903295,00	55949300,00	35477200,00	5810981000	1336568000	16670800,00	913700,00	172,50	10560800,00	11107150,00	1409800,00	128127300,00	.	.
10	25926862,00	27100166,00	55615800,00	36328100,00	6129400000	3939724000	27550400,00	913700,00	158,24	15338300,00	11924510,00	,00	174620400,00	.	.
11	26531261,00	30831711,00	54996200,00	34741500,00	6252149000	4026990000	30963000,00	913700,00	539,03	17118900,00	13258280,00	,00	215283400,00	.	.
12	25386804,00	30354379,00	53224300,00	34341300,00	5828612000	4065166000	30485000,00	913700,00	584,78	16730900,00	14789980,00	100,00	177967600,00	.	.
13	24395576,00	31595725,00	53196000,00	33065200,00	6053470000	5697388000	31960700,00	913700,00	508,21	18045700,00	16203380,00	,00	173430800,00	.	.
14	22956028,00	38187068,00	47937100,00	30991900,00	6004596000	5596399000	37982200,00	1199600,00	403,00	20900900,00	17959600,00	,00	219531700,00	.	.
15	25295795,00	37750846,00	49493900,00	30453840,00	7496720000	4601803000	36366200,00	1199600,00	475,00	20311400,00	18242600,00	24700,00	231746700,00	.	.
16	21172853,00	33359964,00	51942300,00	32330600,00	11538409000	3839241000	31637700,00	1199600,00	497,00	18587000,00	18869000,00	1119000,00	358430000,00	.	.
17	14773000,00	34672000,00	52525800,00	37950900,00	16240000000	2717500000	31961600,00	1199600,00	602,40	18426400,00	20076000,00	2251000,00	263703000,00	.	.
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 16  
*Matriz de correlaciones inter - elementos para 13 variables*

**Matriz de correlaciones inter-elementos**

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X1	1,000	-,920	,238	-,623	-,448	-,781	-,947	-,909	-,741	-,925	-,900	,830	-,931
X2	-,920	1,000	-,392	,404	,539	,910	,941	,765	,835	,999	,977	-,877	,971
X3	,238	-,392	1,000	,484	-,227	-,561	-,316	,033	-,413	-,380	-,487	,056	-,257
X4	-,623	,404	,484	1,000	,223	,118	,508	,747	,234	,419	,349	-,549	,561
X5	-,448	,539	-,227	,223	1,000	,367	,536	,423	,395	,530	,530	-,499	,573
X6	-,781	,910	-,561	,118	,367	1,000	,768	,529	,814	,906	,908	-,710	,801
X7	-,947	,941	-,316	,508	,536	,768	1,000	,886	,731	,944	,928	-,825	,960
X8	-,909	,765	,033	,747	,423	,529	,886	1,000	,614	,772	,713	-,799	,856
X9	-,741	,835	-,413	,234	,395	,814	,731	,614	1,000	,828	,834	-,682	,788
X10	-,925	,999	-,380	,419	,530	,906	,944	,772	,828	1,000	,979	-,881	,973
X11	-,900	,977	-,487	,349	,530	,908	,928	,713	,834	,979	1,000	-,792	,934
X12	,830	-,877	,056	-,549	-,499	-,710	-,825	-,799	-,682	-,881	-,792	1,000	-,901
X13	-,931	,971	-,257	,561	,573	,801	,960	,856	,788	,973	,934	-,901	1,000

Nota. Fuente: Adaniya (2019)

De acuerdo con la literatura, el valor mínimo aceptable para el coeficiente Alfa de Cronbach es 0.7; por debajo de ese valor, la consistencia interna muestra una baja correlación entre cada una de las variables, esto es, una débil relación entre ellas; un valor superior a 0.7 muestra una fuerte relación entre las variables.

En este contexto, nuevas corridas fueron realizadas con la finalidad de ir eliminando variables al identificar el valor más pequeño de la diagonal de la matriz de correlaciones hasta conseguir un coeficiente de Chronbach de 0,795, quedando ocho variables.

Tabla 17  
**Matrices anti - imagen**

		Matrices anti-imagen												
		X2	X3	X4	X7	X8	X9	X10	X11	X1	X5	X6	X12	X13
Covarianza anti-imagen	X2	,000	,002	-,002	,000	,000	-,002	-3,198E-5	,001	-,001	-,001	-,001	-,001	,002
	X3	,002	,161	-,040	,000	-,001	-,014	-,001	,013	-,010	-,016	-,002	-,005	,010
	X4	-,002	-,040	,050	,002	,007	,024	,000	-,007	,020	,021	,013	-,005	-,021
	X7	,000	,000	,002	,000	,001	,002	,000	,000	,001	,001	,001	,000	,000
	X8	,000	-,001	,007	,001	,002	,007	,000	-,002	,003	,004	,003	-,001	-,003
	X9	-,002	-,014	,024	,002	,007	,030	-,001	-,007	,011	,015	,011	,001	-,013
	X10	-3,198E-5	-,001	,000	,000	,000	-,001	,000	,000	-8,444E-5	-9,579E-5	-,001	,001	-,001
	X11	,001	,013	-,007	,000	-,002	-,007	,000	,004	-,003	-,005	-,002	-,009	,005
	X1	-,001	-,010	,020	,001	,003	,011	-8,444E-5	-,003	,010	,010	,005	,000	-,012
	X5	-,001	-,016	,021	,001	,004	,015	-9,579E-5	-,005	,010	,013	,007	-,001	-,014
	X6	-,001	-,002	,013	,001	,003	,011	-,001	-,002	,005	,007	,006	-,004	-,005
	X12	-,001	-,005	-,005	,000	-,001	,001	,001	-,009	,000	-,001	-,004	,065	-,001
	X13	,002	,010	-,021	,000	-,003	-,013	-,001	,005	-,012	-,014	-,005	-,001	,034
Correlación anti-imagen	X2	,658 <sup>a</sup>	,392	-,523	-,605	-,668	-,774	-,167	,799	-,568	-,788	-,591	-,256	,540
	X3	,392	,677 <sup>a</sup>	-,442	-,079	-,079	-,201	-,279	,484	-,241	-,351	-,068	-,044	,134
	X4	-,523	-,442	,347 <sup>a</sup>	,483	,675	,626	-,175	-,457	,880	,832	,744	-,091	-,502
	X7	-,605	-,079	,483	,654 <sup>a</sup>	,922	,838	-,671	-,434	,442	,613	,856	-,056	-,167
	X8	-,668	-,079	,675	,922	,584 <sup>a</sup>	,897	-,557	-,506	,678	,795	,950	-,109	-,401
	X9	-,774	-,201	,626	,838	,897	,559 <sup>a</sup>	-,343	-,627	,637	,770	,819	,016	-,417
	X10	-,167	-,279	-,175	-,671	-,557	-,343	,826 <sup>a</sup>	-,257	-,068	-,070	-,574	,429	-,262
	X11	,799	,484	-,457	-,434	-,506	-,627	-,257	,703 <sup>a</sup>	-,487	-,698	-,428	-,501	,412
	X1	-,568	-,241	,880	,442	,678	,637	-,068	-,487	,622 <sup>a</sup>	,887	,685	,007	-,624
	X5	-,788	-,351	,832	,613	,795	,770	-,070	-,698	,887	,327 <sup>a</sup>	,799	-,025	-,668
	X6	-,591	-,068	,744	,856	,950	,819	-,574	-,428	,685	,799	,531 <sup>a</sup>	-,202	-,341
	X12	-,256	-,044	-,091	-,056	-,109	,016	,429	-,501	,007	-,025	-,202	,868 <sup>a</sup>	-,027
	X13	,540	,134	-,502	-,167	-,401	-,417	-,262	,412	-,624	-,668	-,341	-,027	,775 <sup>a</sup>

a. Medidas de adecuación de muestreo (MSA)

Nota. Fuente: Adaniya (2019)

Tabla 18  
*Estadísticos de fiabilidad*

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	Nº de elementos
0,795	0,888	8

Nota. Fuente: Resultados de corrida SPSS 23

Así, las variables con las que se trabajará el modelo de ecuaciones estructurales corresponden a las que se muestra en la matriz de correlación que se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19  
*Matriz de correlaciones inter - elementos para 8 variables*

**Matriz de correlaciones inter-elementos**

	X2	X3	X4	X7	X8	X9	X10	X11
X2	1,000	-,392	,404	,941	,765	,835	,999	,977
X3	-,392	1,000	,484	-,316	,033	-,413	-,380	-,487
X4	,404	,484	1,000	,508	,747	,234	,419	,349
X7	,941	-,316	,508	1,000	,886	,731	,944	,928
X8	,765	,033	,747	,886	1,000	,614	,772	,713
X9	,835	-,413	,234	,731	,614	1,000	,828	,834
X10	,999	-,380	,419	,944	,772	,828	1,000	,979
X11	,977	-,487	,349	,928	,713	,834	,979	1,000

Nota. Fuente: Adaniya (2019)

## 6.2 Análisis Factorial por Extracción de Componentes Principales

El análisis multivariante requiere que los supuestos que subyacen a la técnica que se aplique, primero sean contrastados con las variables individuales, para luego hacerlo para el valor teórico del modelo multivariante que actúa colectivamente sobre las variables analizadas, de forma que se cumpla con los mismos supuestos que para las variables individuales. En ese contexto, si una variable es una normal multivariante entonces será también univariante, aunque no se cumple necesariamente la relación inversa; es decir, dos o más variables normales univariantes podrían no ser normal multivariantes (Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W., 2008).

Luego entonces, debe aplicarse a todas las variables una prueba de normalidad ya que, si todas exhiben normalidad univariante, esto sustenta, aunque no garantiza que se obtenga normalidad multivariante. Hay que tomar en cuenta que el supuesto fundamental del análisis multivariante es la normalidad de los datos. Por tanto, todas las pruebas estadísticas no serán válidas si existe una desviación respecto de la distribución normal debido a que la normalidad es requisito para el uso de los estadísticos de la  $t$  y  $F$ . La Tabla 20 muestra el resultado de una evaluación de normalidad para las 13 variables identificadas, realizado por Adaniya (2019). De acuerdo con ella, todas son normales con excepción de las variables RESPET (X5) y RESLGN (X6).

Tabla 20  
*Prueba de Normalidad de las variables*

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	
N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	27195880,18	19480154,24	53769476,47	32641478,82	7001548059	2756549353	19214241,18	824194,1176	305,9700	11778241,18	11621805,88	1182900,000	139898800,0
	Desviación estándar	5026522,509	14106928,48	2722320,535	4522359,808	2754205858	1643070441	13859777,13	280570,3398	188,66986	6751851,270	5247286,873	1214845,021	102186239,7
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,118	,191	,133	,126	,406	,323	,204	,155	,237	,180	,128	,227	,136
	Positivo	,118	,138	,109	,068	,406	,323	,188	,155	,237	,147	,128	,227	,136
	Negativo	-,117	-,191	-,133	-,126	-,303	-,194	-,204	-,155	-,168	-,180	-,122	-,165	-,099
Estadístico de prueba	,118	,191	,133	,126	,406	,323	,204	,155	,237	,180	,128	,227	,136	
Sig. asintótica (bilateral)	,200 <sup>e,d</sup>	,099 <sup>c</sup>	,200 <sup>e,d</sup>	,200 <sup>e,d</sup>	,000 <sup>c</sup>	,000 <sup>c</sup>	,059 <sup>c</sup>	,200 <sup>e,d</sup>	,012 <sup>c</sup>	,145 <sup>c</sup>	,200 <sup>e,d</sup>	,020 <sup>c</sup>	,200 <sup>e,d</sup>	
Significación exacta (bilateral)	,950	,502	,885	,918	,005	,045	,424	,752	,252	,578	,908	,296	,872	
Probabilidad en el punto	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Nota. Fuente: Adaniya (2019)

Los valores de significación exacta bilateral para X5 y X6 muestran que estas dos variables no pasan la prueba de normalidad. Ello también sustenta su eliminación durante la etapa de reducción de variables para cumplir con requisito del coeficiente alfa de Chronbach y la posterior aplicación del análisis factorial por extracción de componentes principales, análisis de regresión múltiple y el modelo de ecuaciones estructurales.

Luego de haber comprobado la normalidad de los datos, según se mostró en la Tabla 20, debe realizarse la verificación de la linealidad de las variables dado que las correlaciones representan la asociación lineal de éstas. Para ello, se examina las Figuras de dispersión de las variables con el fin de identificar tendencias no lineales en los datos (ver Tabla 22). La Tabla 21 muestra los resultados de la aplicación de la correlación lineal de Pearson a las 8 variables con el fin de evaluar la linealidad de los datos.

Tabla 21

**Resultados de la aplicación de la correlación lineal de Pearson**

		Correlaciones							
		X2	X3	X4	X7	X8	X9	X10	X11
X2	Correlación de Pearson	1	-.435	.439	.996**	.942**	.858**	.999**	.962**
	Sig. (bilateral)		.081	.078	.000	.000	.000	.000	.000
	N	17	17	17	17	17	17	17	17
X3	Correlación de Pearson	-.435	1	.415	-.400	-.432	-.450	-.424	-.511*
	Sig. (bilateral)	.081		.098	.111	.083	.070	.090	.036
	N	17	17	17	17	17	17	17	17
X4	Correlación de Pearson	.439	.415	1	.455	.476	.317	.447	.401
	Sig. (bilateral)	.078	.098		.067	.053	.216	.072	.111
	N	17	17	17	17	17	17	17	17
X7	Correlación de Pearson	.996**	-.400	.455	1	.921**	.836**	.998**	.946**
	Sig. (bilateral)	.000	.111	.067		.000	.000	.000	.000
	N	17	17	17	17	17	17	17	17
X8	Correlación de Pearson	.942**	-.432	.476	.921**	1	.784**	.941**	.949**
	Sig. (bilateral)	.000	.083	.053	.000		.000	.000	.000
	N	17	17	17	17	17	17	17	17
X9	Correlación de Pearson	.858**	-.450	.317	.836**	.784**	1	.848**	.875**
	Sig. (bilateral)	.000	.070	.216	.000	.000		.000	.000
	N	17	17	17	17	17	17	17	17
X10	Correlación de Pearson	.999**	-.424	.447	.998**	.941**	.848**	1	.960**
	Sig. (bilateral)	.000	.090	.072	.000	.000	.000		.000
	N	17	17	17	17	17	17	17	17
X11	Correlación de Pearson	.962**	-.511*	.401	.946**	.949**	.875**	.960**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.036	.111	.000	.000	.000	.000	
	N	17	17	17	17	17	17	17	17

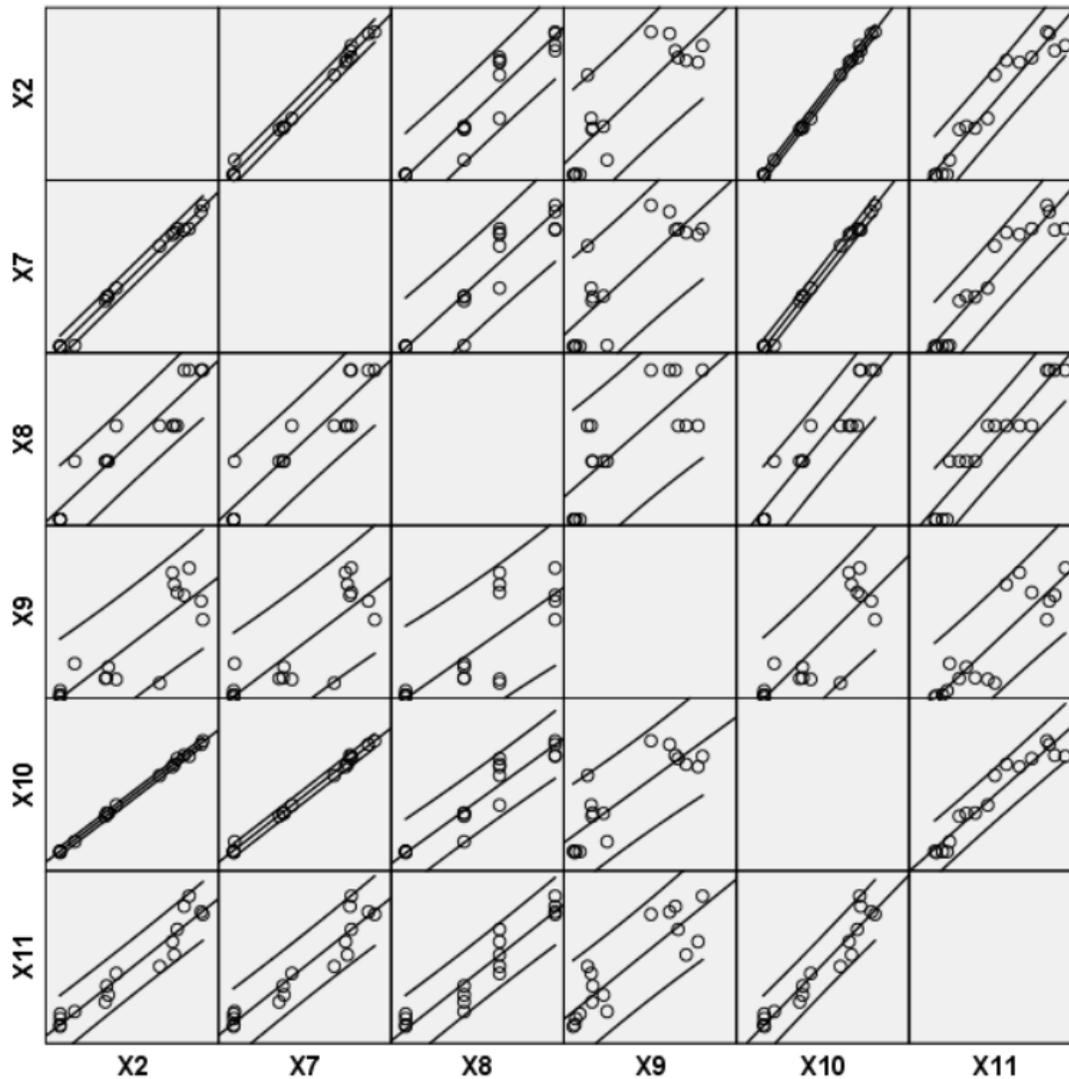
\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Nota. Fuente: Adaniya (2019)

La Tabla 22 muestra la comprobación de la linealidad de los datos de las variables con lo que es posible considerar que los datos son adecuados para aplicar el análisis factorial por extracción de componentes principales y el modelo de ecuaciones estructurales.

Tabla 22  
*Comprobación de la linealidad de los datos de las variables*



Nota. Fuente: Adaniya (2019)

Se realizó el análisis factorial por extracción de componentes principales para 8 factores, encontrando que el 100 % de los coeficientes de correlación son diferentes de cero; ello implica la posibilidad de continuar con el análisis.

Tabla 23  
**Matriz de correlaciones**

**Matriz de correlaciones<sup>a</sup>**

	X2	X3	X4	X7	X8	X9	X10	X11	
Correlación	X2	1,000	-,392	,404	,941	,765	,835	,999	,977
	X3	-,392	1,000	,484	-,316	,033	-,413	-,380	-,487
	X4	,404	,484	1,000	,508	,747	,234	,419	,349
	X7	,941	-,316	,508	1,000	,886	,731	,944	,928
	X8	,765	,033	,747	,886	1,000	,614	,772	,713
	X9	,835	-,413	,234	,731	,614	1,000	,828	,834
	X10	,999	-,380	,419	,944	,772	,828	1,000	,979
	X11	,977	-,487	,349	,928	,713	,834	,979	1,000
Sig. (unilateral)	X2		,074	,067	,000	,000	,000	,000	,000
	X3	,074		,034	,126	,453	,063	,081	,033
	X4	,067	,034		,027	,001	,201	,060	,101
	X7	,000	,126	,027		,000	,001	,000	,000
	X8	,000	,453	,001	,000		,007	,000	,001
	X9	,000	,063	,201	,001	,007		,000	,000
	X10	,000	,081	,060	,000	,000	,000		,000
	X11	,000	,033	,101	,000	,001	,000	,000	

a. Determinante = 4,729E-9

Nota. Fuente: Adaniya (2019)

La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin indica que la muestra de datos utilizada es adecuada dado que su valor de 0,628 oscila entre 0 y 1 ya que, cuanto más cercano se encuentra de la unidad, más adecuados son los datos. En cuanto a la prueba de esfericidad de Barlett, se pretende probar la hipótesis de que la matriz de correlaciones es una matriz de identidad. En la medida que la significancia tiene un valor de 0,000, se rechaza la hipótesis de que se trata de una matriz identidad, con lo cual se concluye que existe correlación entre las variables.

Tabla 24  
*Parámetros de adecuación muestral*

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin	0,628
Prueba de esfericidad de Bartlett	
Chi-cuadrado aproximado	201,281
Grados de libertad	28
Significancia	0,000

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

La Tabla de comunalidades muestra que las medidas de adecuación muestral de cada una de las variables consideradas individualmente son altas, lo que muestra un buen nivel de adecuación de los datos para análisis con el método de extracción correspondiente al análisis de componentes principales.

Tabla 25  
*Tabla de comunalidades*

Factor	Inicial	Extracción	Factor	Inicial	Extracción
X2	1,000	0,971	X8	1,000	0,906
X3	1,000	0,895	X9	1,000	0,769
X4	1,000	0,921	X10	1,000	0,971
X7	1,000	0,944	X11	1,000	0,969

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

Al comprobar los datos, es posible observar que la información explicada en el modelo factorial estimado y contenida en cada una de las variables, es alta. Considerando que el número máximo de factores que se puede extraer es igual al número de variables (08), se debe decidir cuántos se elegirán. Por tanto, es conveniente utilizar el criterio de elegir aquellos factores que tengan un autovalor inicial mayor de la unidad, lo que implica que estos factores pueden explicar más de una variable. La varianza total explicada muestra dos resultados, el primero explica el 70,338 % y el segundo explica el 21,501 %, de variables que, en conjunto, representan un 91,839 %; representando la diferencia de 8,161 % de pérdida de información.

Tabla 26  
*Varianza total explicada*

**Varianza total explicada**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	5,627	70,338	70,338	5,627	70,338	70,338
2	1,720	21,501	91,839	1,720	21,501	91,839
3	,308	3,846	95,685			
4	,173	2,164	97,848			
5	,140	1,752	99,600			
6	,023	,282	99,882			
7	,009	,114	99,996			
8	,000	,004	100,000			

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

Considerando que el primero concentra información, se realiza la rotación ortogonal utilizando el método Varimax de los factores consiguiéndose una ligera variación entre el primer factor y el segundo factor con relación a lo obtenido antes de la rotación.

Tabla 27  
*Varianza total explicada con rotación ortogonal, Varimax*

**Varianza total explicada**

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	5,627	70,338	70,338	5,627	70,338	70,338	5,550	69,380	69,380
2	1,720	21,501	91,839	1,720	21,501	91,839	1,797	22,459	91,839
3	,308	3,846	95,685						
4	,173	2,164	97,848						
5	,140	1,752	99,600						
6	,023	,282	99,882						
7	,009	,114	99,996						
8	,000	,004	100,000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

En virtud de este resultado, se aplica el método de rotación oblicua utilizando Oblimin del SPSS para verificar si se consigue una mejor distribución de la información explicada por cada uno de los factores.

Tabla 28

**Varianza total explicada con rotación oblicua, Oblimin**

Componente	Varianza total explicada						Sumas de rotación de cargas al cuadrado <sup>a</sup>
	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	
1	5,627	70,338	70,338	5,627	70,338	70,338	5,612
2	1,720	21,501	91,839	1,720	21,501	91,839	1,775
3	,308	3,846	95,685				
4	,173	2,164	97,848				
5	,140	1,752	99,600				
6	,023	,282	99,882				
7	,009	,114	99,996				
8	,000	,004	100,000				

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. Cuando los componentes están correlacionados, las sumas de las cargas al cuadrado no se pueden añadir para obtener una varianza total.

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

De acuerdo con los resultados de la rotación ortogonal y la rotación oblicua, se encuentra que las matrices de componentes recogen los coeficientes de correlación entre cada una de las variables y cada uno de los factores muy similares.

Tabla 29

**Matriz de componente<sup>a</sup>**

	Componente	
	1	2
X10	,983	-,074
X2	,981	-,089
X7	,970	,055
X11	,968	-,178
X8	,852	,424
X9	,850	-,215
X3	-,350	,879
X4	,498	,820

Nota.

a. 2 componentes extraídos.

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

Tabla 30  
***Matriz de estructura***

	Componente	
	1	2
X10	,985	,043
X2	,985	,027
X11	,977	-,062
X7	,965	,169
X9	,862	-,113
X8	,824	,522
X4	,447	,874
X3	-,403	,831

Nota. Método de rotación:  
Oblimin con normalización  
Kaiser.

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

Tabla 29  
***Matriz de patrón<sup>a</sup>***

	Componente	
	1	2
X2	,987	-,029
X10	,986	-,013
X11	,984	-,118
X7	,958	,114
X9	,871	-,163
X8	,797	,477
X3	-,452	,857
X4	,398	,851

Nota. Método de rotación: Oblimin con  
normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5  
iteraciones.

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

La comprobación de la bondad obtenida del modelo factorial fue realizada a través de un análisis de los residuos (resultado de las diferencias entre la matriz de correlaciones inicial y la reproducida por el modelo), de forma que en la medida de que sean próximos a cero en valor absoluto, será indicativo de un buen ajuste y es lo que se observa en la Tabla de Correlaciones Reproducidas. A pesar de que tres residuos, que representan el 10 % de residuos no redundantes

con valores absolutos mayores de 0,05 implicando un bajo nivel de bondad del modelo, éste puede ser considerado como relativamente bueno.

Tabla 30  
*Matriz de correlaciones reproducidas*

		Correlaciones reproducidas							
		X2	X3	X4	X7	X8	X9	X10	X11
Correlación reproducida	X2	,971 <sup>a</sup>	-,422	,416	,947	,798	,854	,971	,966
	X3	-,422	,895 <sup>a</sup>	,547	-,291	,075	-,487	-,409	-,495
	X4	,416	,547	,921 <sup>a</sup>	,528	,773	,247	,429	,336
	X7	,947	-,291	,528	,944 <sup>a</sup>	,850	,813	,949	,930
	X8	,798	,075	,773	,850	,906 <sup>a</sup>	,633	,806	,750
	X9	,854	-,487	,247	,813	,633	,769 <sup>a</sup>	,851	,862
	X10	,971	-,409	,429	,949	,806	,851	,971 <sup>a</sup>	,965
	X11	,966	-,495	,336	,930	,750	,862	,965	,969 <sup>a</sup>
Residuo <sup>b</sup>	X2		,030	-,011	-,006	-,033	-,019	,028	,011
	X3	,030		-,063	-,024	-,042	,073	,028	,008
	X4	-,011	-,063		-,020	-,026	-,013	-,010	,012
	X7	-,006	-,024	-,020		,036	-,082	-,006	-,002
	X8	-,033	-,042	-,026	,036		-,019	-,034	-,037
	X9	-,019	,073	-,013	-,082	-,019		-,024	-,028
	X10	,028	,028	-,010	-,006	-,034	-,024		,014
	X11	,011	,008	,012	-,002	-,037	-,028	,014	

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. Comunalidades reproducidas

b. Los residuos se calculan entre las correlaciones observadas y reproducidas. Existen 3 (10,0%) residuos no redundantes con valores absolutos mayores que 0,05.

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

Los componentes principales resultantes, con sus respectivas cargas factoriales, son:

$$Y1 = 0.985X2 - 0.403X3 + 0.447X4 + 0.965X7 + 0.824X8 + 0.862X9 + 0.985X10 + 0.977X11$$

$$Y2 = 0.027X2 + 0.831X3 + 0.874X4 + 0.169X7 + 0.522X8 - 0.113X9 + 0.043X10 - 0.062X11$$

Las cargas positivas indican que los componentes guardan una relación directa de las variables mientras que las cargas negativas manifiestan una relación inversa. La magnitud de las cargas muestra el efecto que tiene la variable sobre cada componente.

El primer componente contiene la variable con máxima varianza y tiene un sólo coeficiente negativo; el segundo componente tiene dos coeficientes negativos, por lo cual se observa efectos directos e indirectos sobre las variables.

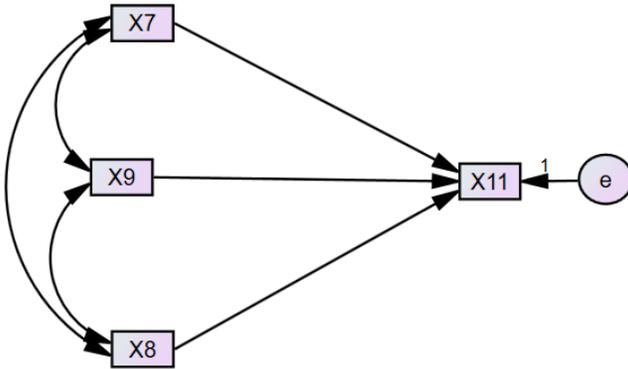
Los resultados muestran que el componente Y2 agrupa a las variables X3 (Procesamiento de petróleo) y X4 (Importación de petróleo) con una carga mayor. Esto permite etiquetar la variable como “GLP dependiente del petróleo”, al representar las dimensiones subyacentes al suministro de GLP a partir del petróleo. Esto podría explicarse en el sentido de que el abastecimiento de GLP a partir de petróleo depende de la producción de GLP cuando se procesa petróleo producido en el país o con petróleo importado; asimismo, considera la dependencia de la capacidad de almacenamiento al mostrar la variable X8 (Capacidad de GLP), la tercera variable con mayor carga.

En un análisis similar, el componente Y1 agrupa las variables X2 (Producción de LGN), X7 (Procesamiento de LGN), X8 (Capacidad de GLP), X9 (Cierre de puertos), X10 (Producción de GLP) y X11 (Demanda de GLP), relacionados al suministro de GLP procedente del fraccionamiento de los líquidos de gas natural, por lo cual se etiqueta como “GLP dependiente de LGN”.

### **6.3 Análisis con el Modelo de Ecuaciones Estructurales**

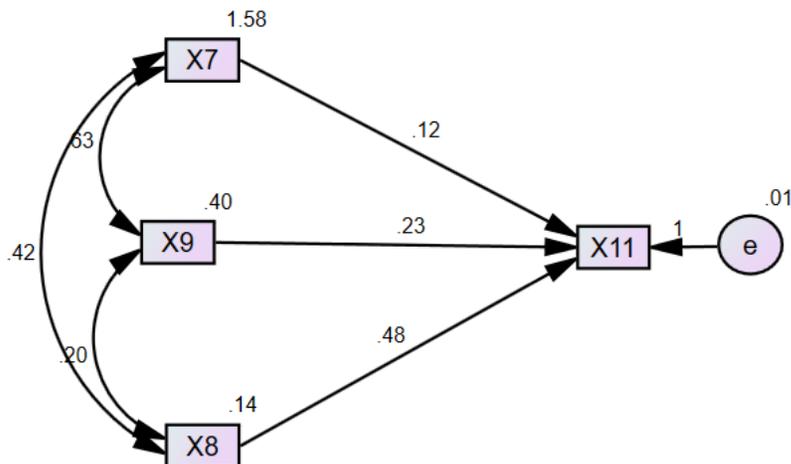
A fin de desarrollar el modelo de ecuaciones estructurales utilizando SPSS AMOS 23; en primer lugar, dadas las características de las variables, se realizó un análisis de regresión múltiple, el cual forma parte de los modelos de ecuaciones estructurales, con la finalidad de formular previamente un modelo que especifique el número de factores y las relaciones entre las variables observadas.

Por otro lado, en virtud de los datos de magnitud numérica elevada, previamente se realizó la transformación a valores logarítmicos de los mismos. Como resultado de la evaluación de los efectos directos, se obtuvo la propuesta mostrada en la Figura 40:



*Figura 40.* Propuesta de modelo de regresión múltiple.  
Elaboración propia

Luego, se elaboró un modelo proponiendo un diagrama de relaciones, que posteriormente se validó utilizando SPSS AMOS 23 para generar el modelo de ecuaciones estructurales. La Figura 41 muestra las cargas que indican el efecto de las variables X7, X8 y X9 sobre la variable X11. Asimismo, el grado de correlación que existe entre ellas; como puede observarse, X8 y X9 muestran un mayor efecto sobre la X11 por lo que cualquier factor que afecte a estas variables hará que exista un impacto sobre X11.



*Figura 41.* Modelo de regresión múltiple mostrando los efectos directos.  
Elaboración propia

La Tabla 31 muestra los coeficientes de correlación correspondientes.

Tabla 31  
*Tabla de coeficientes de regresión*

		Coeficientes <sup>a</sup>					Estadísticas de colinealidad		
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.	Tolerancia	VIF
Modelo		B	Error estándar	Beta					
1	(Constante)	6,335	2,284			2,774	,016		
	X7	,122	,062	,327		1,962	,072	,157	6,380
	X8	,484	,240	,380		2,019	,065	,123	8,145
	X9	,232	,091	,315		2,565	,024	,289	3,464

a. Variable dependiente: X11

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

Se desarrolla un modelo de ecuaciones estructurales utilizando SPSS – AMOS 23, y con fines de comparación, se puede evaluar cuál es la técnica más apropiada aplicable cuando se utiliza data real y se cuenta con poca cantidad de datos.

### 6.3.1 Modelo conceptual del modelo de ecuaciones estructurales

La Figura 42 muestra el esquema propuesto para el modelo de ecuaciones estructurales, que finalmente será corroborado o modificado.

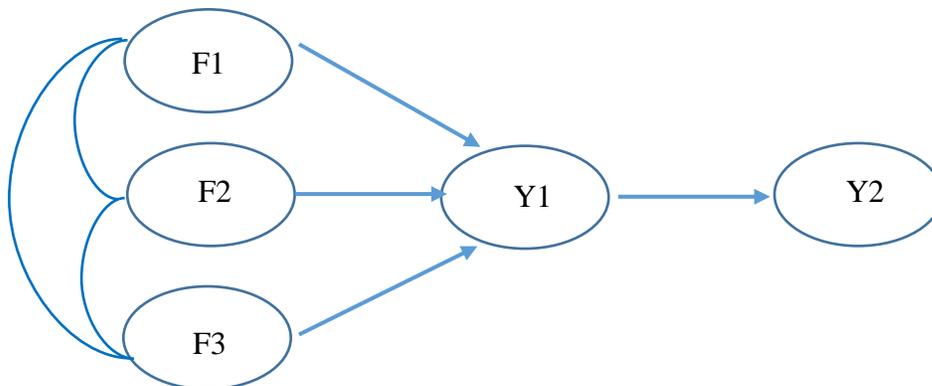


Figura 42. Diagrama para un modelo básico de ecuaciones estructurales.  
Elaboración propia

Se ha tomado como referencia el trabajo de investigación realizado por Gefen, Karahanna y Straub (2003), publicado con el título “Trust and TAM in online shopping: An integrated model” en el vol.27 de la revista trimestral MIS.

Gefen et al (2003) utilizaron LISREL para su modelo de ecuaciones estructurales. En la Tabla 4 (2004; p. 71) del mencionado artículo se muestra la matriz de correlaciones de las variables observadas. La matriz de correlación de todas las variables observadas se considera como la matriz de covarianzas. La explicación de ello es que la matriz de correlaciones de data sin tipificar constituye la matriz de covarianzas de datos tipificados. Hay que tomar en cuenta, además, que se puede obtener la matriz de varianzas/covarianzas si se utiliza SPSS para el desarrollo del modelo, como ha sido el caso para esta investigación (ver Tabla 28).

Tabla 28

*Matriz de covarianzas de datos tipificados*

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X1	1												
X2	-0.85435272	1											
X3	0.29808118	-0.43482143	1										
X4	-0.60105178	0.43942193	0.41483582	1									
X5	-0.76462669	0.44531971	-0.22203985	0.29435585	1								
X6	-0.58449687	0.8705943	-0.57019697	0.10938958	0.13085616	1							
X7	-0.82714497	0.99620926	-0.40025176	0.45483071	0.3972117	0.87592138	1						
X8	-0.90125072	0.94193854	-0.43233114	0.47641222	0.54888962	0.71854201	0.92120231	1					
X9	-0.80023296	0.85808594	-0.44993552	0.31653682	0.53944897	0.74307262	0.83558337	0.78394254	1				
X10	-0.84742614	0.9990773	-0.42380203	0.44725036	0.42628983	0.87307559	0.9975519	0.94126557	0.84816711	1			
X11	-0.90833036	0.96209742	-0.51063371	0.40059585	0.60863772	0.80055929	0.94620208	0.94931046	0.87545074	0.95971813	1		
X12	0.41120085	-0.72382219	0.02627409	-0.44105408	0.12240756	-0.68256627	-0.76274869	-0.59555268	-0.48450849	-0.73776857	-0.54263154	1	
X13	-0.88420144	0.92062321	-0.33013342	0.50112908	0.60977326	0.6945417	0.90609356	0.93971403	0.80942718	0.92132844	0.93314492	-0.59443642	1

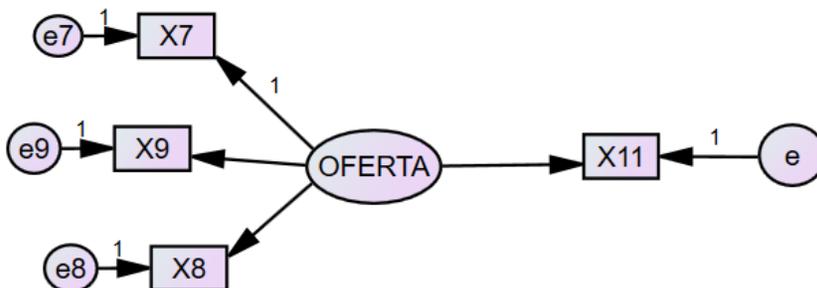
Nota. Fuente: Resultados de SPSS 23

La estimación del modelo se ha realizado por el método de máxima verosimilitud (ML). Este método es utilizado para ajustar modelos de ecuaciones estructurales proporcionando estimaciones consistentes, eficientes y no sesgadas, con tamaños de muestras relativamente pequeñas. La estimación exige que las variables tengan una distribución normal; si bien, puede no contarse con la condición de normalidad multivariante, esta condición no afecta la capacidad del método para estimar de forma no sesgada los parámetros del modelo. El método puede facilitar la convergencia de las estimaciones aún con ausencia de normalidad.

Para muestras relativamente pequeñas que no cumplan con la condición de normalidad de los datos, el método de máxima verosimilitud se puede utilizar para realizar estimaciones aplicando procedimientos de una biblioteca multiplataforma o mediante un conjunto de herramientas de código abierto (Bootstrap), lo cual permite obtener estimaciones de los errores estándar de los parámetros del modelo. Para realizar la interpretación de los resultados se realiza la evaluación del modelo global (bondad de ajuste), mediante la prueba de Chi-cuadrado.

### 6.3.2 Modelo de Ecuaciones Estructurales utilizando SPSS - AMOS

Se muestra una variación del modelo de regresión, como propuesta de modelo de ecuaciones estructurales, introduciendo como variable latente la OFERTA, que carga a las variables X7, X8, X9 y X11:



*Figura 43.* Propuesta de modelo de ecuaciones estructurales.  
Elaboración propia

A continuación, en la Figura 44, se presenta las cargas, varianzas y covarianzas del modelo propuesto.

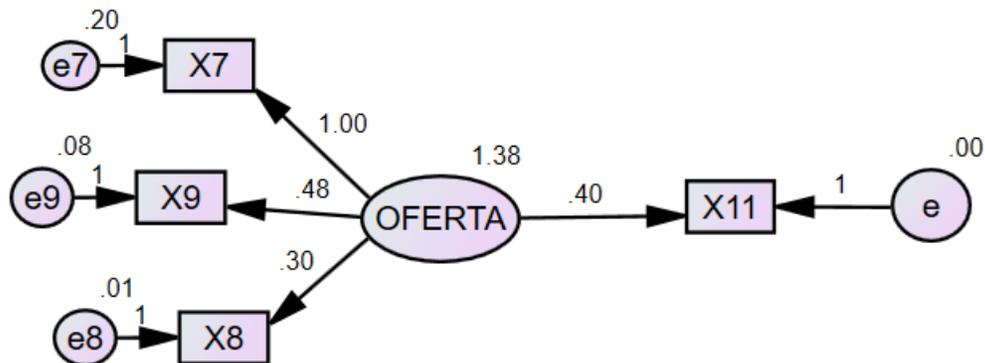


Figura 44. Cargas, varianzas y covarianzas del modelo propuesto.  
Elaboración propia

El resultado muestra diferencias respecto del análisis de componentes principales y del modelo de propuesto. De acuerdo con este modelo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Chi cuadrado = 2.438

Grados de libertad = 2

Nivel de probabilidad = 0.296

Para efectos de la Tabla, considerando:

LOG\_PROCLGN: X7

LOG\_CIERRE: X9

LOG\_CAPGLP: X8

LOG\_DEMGLP: X11

Las Tablas 32, 33 y 34 muestran los estimadores que validan el modelo.

Tabla 32  
*Pesos de la regresión*

			Estimador	S.E.	C.R.	P
LOG_PROCLGN	<---	OFERTA	1.000			
LOG_CIERRE	<---	OFERTA	.484	.077	6.309	***
LOG_CAPGLP	<---	OFERTA	.299	.037	8.087	***
LOG_DEMGLP	<---	OFERTA	.396	.041	9.667	***

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

Tabla 33  
*Pesos estandarizados de la regresión*

			Estimador
LOG_PROCLGN	<---	OFERTA	.934
LOG_CIERRE	<---	OFERTA	.894
LOG_CAPGLP	<---	OFERTA	.955
LOG_DEMGLP	<---	OFERTA	.992

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

Tabla 34  
*Varianzas*

	Estimador	S.E.	C.R.	P
OFERTA	1.377	.554	2.484	.013
e	.004	.006	.644	.519
e7	.200	.081	2.482	.013
e9	.081	.031	2.654	.008
e8	.012	.005	2.224	.026

Nota. Fuente: Resultados de la corrida en SPSS 23

### 6.3.3 Indicadores de ajuste del modelo

Una vez estimado el modelo, es necesario evaluar su calidad para lo cual se utiliza los estadísticos de bondad de ajuste. Estos pueden ser, de ajuste absoluto en donde se valora los residuos; de ajuste relativo en donde se compara el ajuste con relación al de otro modelo; y, los de ajuste de parsimonia en donde se valora el ajuste con relación al número de parámetros que han sido utilizados. Sin embargo, para valorar el modelo, es recomendable utilizar de manera simultánea un conjunto de ellos debido a que ninguno de ellos, por sí solos, pudiera aportar la

información necesaria para valorar el modelo (Schreiber y otros, 2006; 323-337). Los indicadores más utilizados se muestran en la siguiente Tabla. Asimismo, se puede observar los valores de referencia para cada indicador con lo que es posible saber si existe un buen ajuste.

Tabla 35  
*Valores de referencia de parámetros de ajuste*

Estadístico	Abreviatura	Criterio
<b>Ajuste absoluto</b>		
Chi-cuadrado	X <sup>2</sup>	Significación > 0.05
Relación Chi-cuadrado/grados de libertad	X <sup>2</sup> /gl	Menor que 3
<b>Ajuste relativo</b>		
Índice de bondad de ajuste relativo	CFI	≥ 0.95
Índice de Tucker-Lewis	TLI	≥ 0.95
Índice ajuste normalizado	NFI	≥ 0.95
<b>Ajuste de parsimonia</b>		
NFI corregido por parsimonia	PNFI	Próximo a 1
<b>Otros</b>		
Índice de bondad de ajuste	GFI	≥ 0.95
Índice de bondad de ajuste corregido	AGFI	≥ 0.95
Raíz del residuo cuadrático promedio	RMR	Próximo a cero
Raíz del residuo cuadrático promedio de aproximación	RMSEA	< 0.08

Nota. Fuente: Miguel A. Ruiz y otros. Modelos de Ecuaciones Estructurales. (2010)

Los resultados de la corrida muestran los siguientes estadísticos:

Tabla 36  
*Tabla comparativa de parámetros de ajuste en el modelo*

Estadístico	Abreviatura	Criterio	Resultados SPSS - Amos
<b>Ajuste absoluto</b>			
Chi-cuadrado	X <sup>2</sup>	Significación > 0.05	
Relación Chi-cuadrado/grados de libertad	X <sup>2</sup> /gl	Menor que 3	2.438
<b>Ajuste relativo</b>			
Índice de bondad de ajuste relativo	CFI	≥ 0.95	0.995
Índice ajuste normalizado	NFI	≥ 0.95	0.974
<b>Otros</b>			
Índice de bondad de ajuste	GFI	≥ 0.95	<b>0.927</b>
Índice de bondad de ajuste corregido	AGFI	≥ 0.95	<b>0.636</b>
Raíz del residuo cuadrático promedio	RMR	Próximo a cero	0.011
Raíz del residuo cuadrático promedio de aproximación	RMSEA	< 0.08	<b>0.117</b>

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la Tabla se puede apreciar que los resultados muestran que algunos valores de los estadísticos de bondad de ajuste no cumplen con los criterios establecidos en la Tabla; algunas limitaciones que debe considerarse incluyen, la exclusión de variables que, desde el punto de vista teórico, pueden ser importantes (Ruíz y otros, 2010; p.43). Por otro lado, es posible que otro modelo tentativo tenga un mejor ajuste por lo cual debe ser contrastado, aun cuando esté soportado por otra teoría. Sin embargo, los resultados obtenidos mediante el uso de SPSS-AMOS tienen un ajuste que podría considerarse aceptable considerando la naturaleza de la data utilizada.

Otro aspecto que considerar es que los estadísticos de bondad de ajuste son sensibles al tamaño de la muestra. Ruiz y otros (2010, p. 44) observan que hay un número de investigadores que utilizan muestras pequeñas para evitar el deterioro de los valores de ajuste mientras que otros, consideran que las muestras pequeñas pudieran ser poco representativas. Asimismo, consideran apropiado exigir tamaños muestrales superiores a los 100 sujetos (en este caso, 100 datos) siendo de mayor garantía tamaños superiores a 200 sujetos (o 200 datos).

Los modelos de ecuaciones estructurales admiten pocas variables, encontrando un número dentro del intervalo de 10 a 20. La razón de ello es que, si el número de variables aumenta por encima de 20 es más complicado reproducir de manera correcta las covarianzas observadas. Por tanto, implica que a mayor número de variables el tamaño de muestra es mayor considerando apropiada una tasa superior a los 10 sujetos (10 datos) por variable observada.

Cabe indicar la importancia de asegurar que todas las variables sean cuantitativas continuas para sustentar el uso de la varianza y covarianza como estadísticos, así como para lograr un proceso apropiado de estimación de parámetros del modelo. De acuerdo con Ruiz y otros (2010; p. 44), si se utilizan cuestionarios en formato ordinal tipo Likert para medir a los sujetos es conveniente agrupar las preguntas individuales para formar escalas con métricas más continuas. Sin embargo, estos investigadores no hacen mención del trabajo con valores reales, siendo éste el caso.

## **6.4 Comprobación de las hipótesis**

### **6.4.1 Comprobación de la hipótesis general**

De acuerdo al modelo de ecuaciones estructurales propuesto, mostrado en la Figura 45, se verifica el cumplimiento de la hipótesis general: “El factor que tiene una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP a nivel nacional se encuentra entre los factores incluidos en el modelo de ecuaciones estructurales”.

El factor es el identificado con el código X7 (PROCLGN) y fija la importancia del funcionamiento de las plantas de procesamiento de líquidos de gas natural (LGN), a nivel nacional, donde se produce GLP.

### **6.4.2 Hipótesis específicas**

H<sub>1</sub>: La producción de petróleo es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor producción de petróleo (X1), fue eliminado del análisis durante el proceso de reducción de variables y verificación del cumplimiento del coeficiente alfa de Chronbach, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional. Por tanto, esta hipótesis es falsa. Ver Tabla 19.

H<sub>2</sub>: La producción de líquidos de gas natural (LGN) es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor producción de LGN (X2), fue eliminado durante el desarrollo del modelo de regresión y el de ecuaciones estructurales, dado que se correlaciona con el factor procesamiento de LGN (X7), por lo cual se verifica que no representa un factor que cause

un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; luego, esta hipótesis es falsa.

H<sub>3</sub>: El procesamiento de petróleo es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor procesamiento de petróleo (X<sub>3</sub>), fue eliminado del modelo de análisis factorial confirmatorio, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional. Por tanto, esta hipótesis es falsa.

H<sub>4</sub>: La importación de petróleo es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor importación de petróleo (X<sub>4</sub>), fue eliminado del análisis durante el proceso de reducción de variables y verificación del cumplimiento del coeficiente alfa de Chronbach, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional. Por tanto, esta hipótesis es falsa.

H<sub>5</sub>: Las reservas de petróleo son el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor reservas de petróleo (X<sub>5</sub>), fue eliminado del análisis durante el proceso de reducción de variables y verificación del cumplimiento de normalidad de los datos, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional. Por tanto, esta hipótesis es falsa. Ver Tabla 20.

H<sub>6</sub>: Las reservas de gas natural son el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor reservas de petróleo (X<sub>6</sub>), fue eliminado del análisis durante el proceso de reducción de variables y verificación del cumplimiento de normalidad de los datos, por lo

cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional. Por tanto, esta hipótesis es falsa. Ver Tabla 20.

H<sub>7</sub>: El procesamiento de LGN es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor procesamiento de LGN (X<sub>7</sub>), representa un factor de mayor peso (1.00), por lo que es significativo dentro del modelo de ecuaciones estructurales propuesto; luego, se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H<sub>8</sub>: La capacidad de almacenamiento de GLP es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor capacidad de almacenamiento de GLP (X<sub>8</sub>), representa un factor de peso significativo (0.30), dentro del modelo de ecuaciones estructurales propuesto, por lo cual se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H<sub>9</sub>: El cierre de puertos es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor cierre de puertos (X<sub>9</sub>), representa el segundo factor de mayor peso (0.48) dentro del modelo de ecuaciones estructurales propuesto, por lo cual se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H<sub>10</sub>: La producción de GLP es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor producción de GLP (X10), fue eliminado durante el desarrollo del modelo de regresión y el de ecuaciones estructurales, dado que se correlaciona con el factor procesamiento de LGN (X7), por lo cual se verifica que no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; luego, esta hipótesis es falsa.

H<sub>11</sub>: La demanda de GLP es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor demanda de GLP (X11), representa el segundo factor de mayor peso (0.40) dentro del modelo de ecuaciones estructurales propuesto, por lo cual se verifica que causa un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional; de esta manera, esta hipótesis resulta verdadera.

H<sub>12</sub>: La importación de GLP es el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor importación de GLP (X12), fue eliminado del análisis durante el proceso de reducción de variables y verificación del cumplimiento del coeficiente alfa de Chronbach, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional. Ver Tabla 19.

H<sub>13</sub>: Los inventarios de GLP son el factor que muestra una carga significativa e impacta en el abastecimiento de GLP, a nivel nacional.

El factor inventarios de GLP (X13), fue eliminado del análisis durante el proceso de reducción de variables y verificación del cumplimiento del coeficiente alfa de Chronbach, por lo cual no representa un factor que cause un impacto significativo en el abastecimiento de GLP a nivel nacional. Ver Tabla 19.

## **CAPÍTULO VII. Aportes de la investigación**

### **7.1 Aportes de la investigación**

El aporte de esta investigación se enmarca en la evaluación de metodologías para el análisis de la problemática identificada y el desarrollo de modelos que muestren comportamientos que puedan llevar a alternativas de solución. Así, el análisis del contexto económico y geopolítico que podría estar vigente en el futuro requiere la introducción de escenarios. Los escenarios no son predicciones, sino más bien situaciones imaginadas de lo que podría ocurrir en el futuro, basadas en el posible desarrollo de algunos aspectos clave o críticos del sistema energético internacional. Su utilidad se basa en que constituye una herramienta para la toma de decisiones en presencia de incertidumbre. Los escenarios son una forma práctica de gestionar la falta de conocimiento, pero no pueden evitar la incertidumbre que existe sobre el futuro o sobre los recursos con base en criterios evidentemente subjetivos para caracterizar los distintos escenarios.

Esta investigación desarrolla propuestas de modelos a partir de los cuales se pueda establecer razonamientos que coadyuven a la generación de sistemas viables, materia de nuevas investigaciones, para el abastecimiento sostenible de GLP y que pudieran servir de sustento para el establecimiento de políticas públicas a cargo del Estado Peruano que conlleven a alcanzar un sistema óptimo que brinde bienestar a la sociedad y beneficio económico a los inversionistas dado, como ya ha sido mencionado, el GLP es el segundo energético de mayor uso en el país (Cuadros, 2011).

Otro aporte de la investigación está en generar mayor análisis sobre las regiones y países vecinos, involucrados en el mercado del gas natural y del petróleo como productores, como es el caso de Bolivia, por ejemplo, en donde se podría generar un sentido de urgencia en que los

gobiernos de países consumidores, como el Perú, que deben afrontar los riesgos de no contar con una seguridad energética por el GLP o el gas natural, desarrolle convenios o acuerdos de entendimiento para la provisión de energéticos. Esta situación los puede inducir a desarrollar un concepto de seguridad centrado en la dependencia del país consumidor con tendencia a primar una visión de mediano a largo plazo que busque reducir la vulnerabilidad aumentando interconexiones de redes energéticas o incrementando capacidad de almacenamiento o de procesamiento, como también promoviendo su capacidad exportadora utilizando al país consumidor como país de tránsito para su salida a mercados internacionales, como es la situación de Bolivia, productor de gas natural que no cuenta con salida al mar para exportarlo a los mercados asiáticos o europeos.

## **7.2 Modelamiento para una gestión de largo plazo**

La investigación se orienta a la obtención de un modelo que permita la gestión a largo plazo del abastecimiento de GLP; por tanto, se completa con la identificación de un modelo de simulación elaborado mediante dinámica de sistemas. La metodología de dinámica de sistemas permite modelar y obtener una proyección a través del tiempo con el objetivo de observar el comportamiento del sistema ante diversos escenarios, lo cual sustenta la toma de decisiones dentro de un sistema de gestión ante posibles situaciones de desabastecimiento de GLP.

Los atributos del diagrama causal mostrado en la Figura son considerados como variables de estado, tasas de cambio, variables auxiliares y parámetros del sistema. En el modelo, se ha desarrollado un ambiente de aprendizaje para la gestión del GLP, considerando la cadena de valor del GLP en el Perú, desde la explotación del gas natural en los yacimientos de Camisea y su procesamiento hasta obtener GLP, considerando entonces su producción, separación, transporte, almacenamiento y distribución de GLP al centro y sur de Perú.

Las consideraciones bajo el enfoque de Dinámica de Sistemas toman en cuenta las tasas para conectar un proceso previo de la cadena de valor con la siguiente y los factores aleatorios, a lo largo del tiempo de simulación, que afectan la cadena de valor, como por ejemplo eventos de riesgo que podrían ocurrir en el transporte (rotura del gasoducto) o el oleaje anómalo que

impide la carga o descarga de las embarcaciones, lo que afecta los niveles de almacenamiento, transporte y distribución del GLP.

El comportamiento dinámico de las diversas etapas de la cadena de valor del GLP se utiliza para realizar un análisis de sensibilidad, cambiando el valor de variables de interés, y observar los escenarios que se generarían en el futuro, a consecuencia de dichos cambios. La unidad de tiempo utilizada es el mes, siendo el modelo proyectado a 120 meses (10 años). A partir del diagrama causal mostrado en la Figura 37, se ha elaborado el modelo bajo el enfoque de Dinámica de Sistemas.

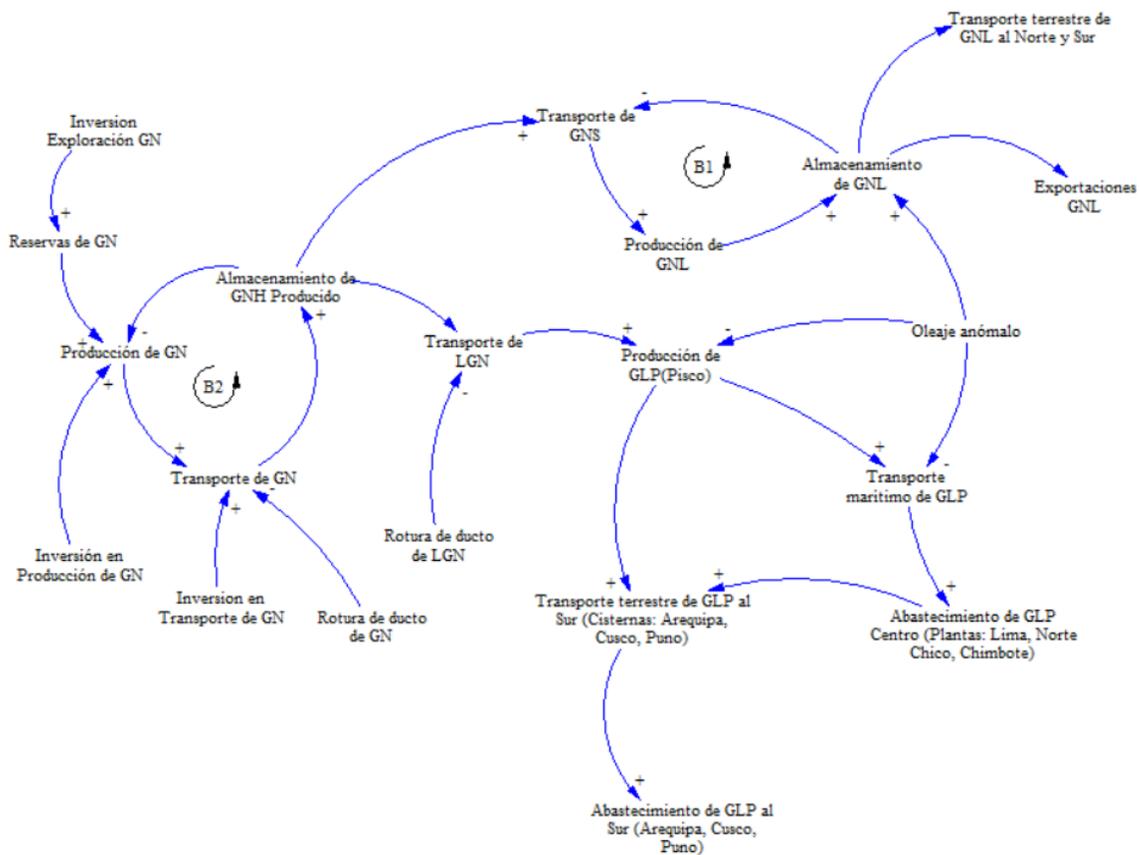


Figura 45. Relaciones causales entre las variables involucradas en el abastecimiento de GLP. Adaniya (2019)

La producción de GLP a partir de la refinación del petróleo tiene un bajo porcentaje de contribución, es así como en el modelo de Dinámica de Sistemas se ha considerado que la producción de GLP se correlaciona básicamente con la cadena del gas natural.

El modelo tiene valores uniformes en reservas y producción de gas natural; en gas natural húmedo almacenado; gas natural seco transportado; mercado local; gas natural licuefactado producido; gas natural licuefactado almacenado; gas natural licuefactado expotado; líquidos de gas natural transportado; GLP producido en Pisco; GLP transportado por tierra al sur; abastecimiento de GLP al sur; GLP transportado por mar y abastecimiento de GLP hacia el centro. Por tanto, las medidas se dan en unidades de barriles.

Asimismo, el modelo considera tasas con unidades de barriles/mes o con valores adimensionales. A pesar de que en el modelo se muestra variables de costos, para efectos de la simulación no se toma en cuenta los factores financieros. Se abre una nueva perspectiva para una investigación posterior más profunda al analizar los efectos de las inversiones y otros aspectos financieros relacionados con el abastecimiento de GLP.

El comportamiento en el tiempo de tres de las variables de estado principales puede ser observado en la gráfica resultante de la simulación. La variable GNH Almacenado Malvinas corresponde al gas natural producido en los pozos de gas natural, procesado y separado en la Planta Malvinas (Cusco). De la planta Malvinas, salen tres ductos: uno de gas natural seco para distribución en Lima y procesamiento en la planta de licuefacción de Pampa Melchorita (Ica); un ducto de gas seco no demandado que se reinyecta al pozo y, un poliducto de líquidos de gas natural que se transporta hacia la planta de fraccionamiento de Pisco (Ica) en donde se produce GLP, nafta y MDDBS (en español, destilado medio para mezcla).

La Figura resultante de la simulación muestra que el procesamiento de gas natural húmedo (GNH Almacenado Malvinas) produce líquidos de gas natural (LGN transportado) y, por lo tanto, se producirá GLP en la planta de Pisco (GLP Producido). La curva descendente de la variable de estado GNH Almacenado Malvinas indica que, si no se actúa sobre la producción

de gas natural, la producción de líquidos de gas natural y, en consecuencia, de GLP declinarán en el tiempo.

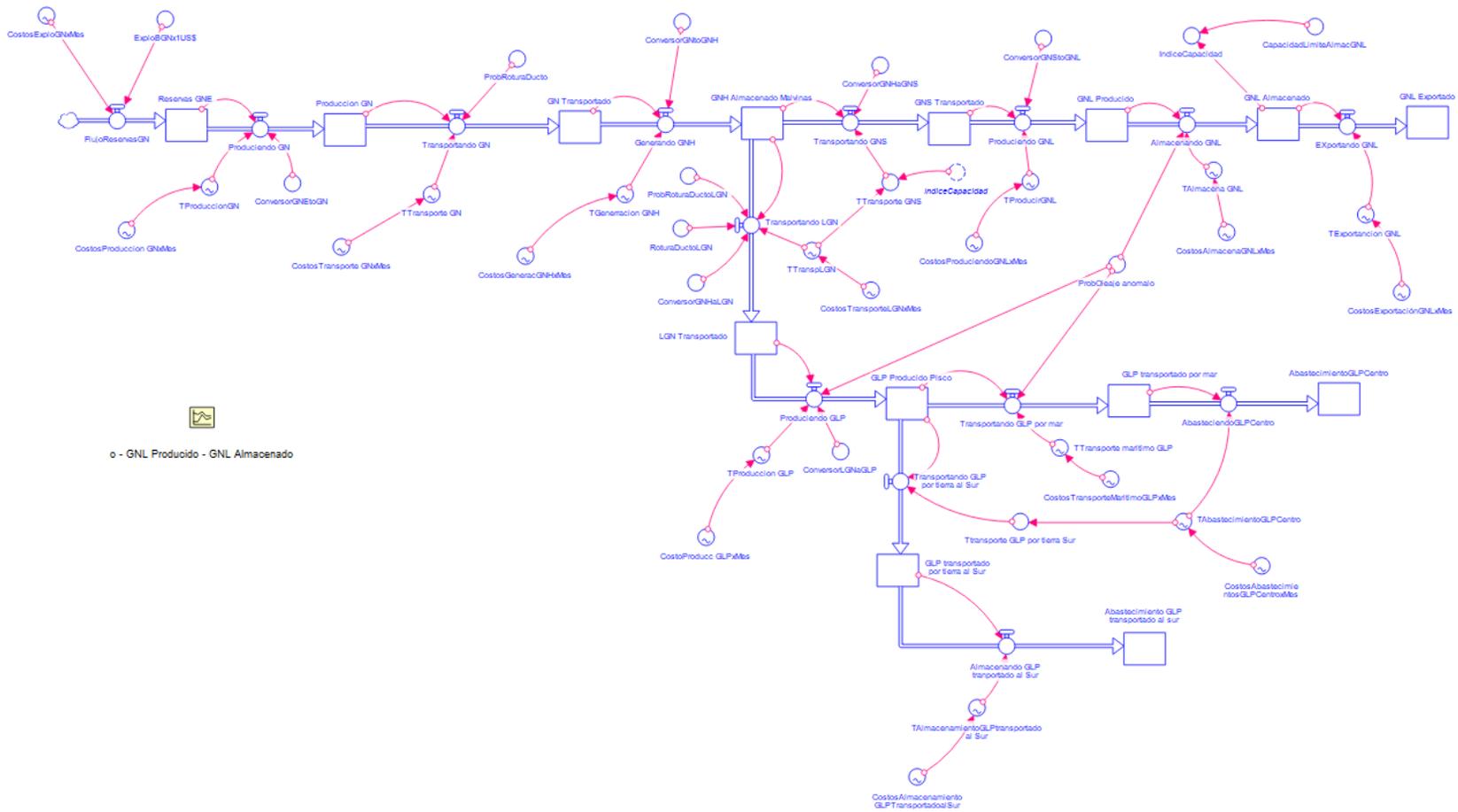


Figura 46. Modelo de Dinámica de Sistemas para la producción de GLP.  
Adaniya (2019)

Para efectos de realizar las simulaciones, se ha considerado lo siguiente:

Tabla 37

*Parámetros utilizados para la simulación por dinámica de sistemas*

Variable, Tasa o Parámetro	Valor	Unidades
FlujoReservasGN	MEAN(12700, 15000, 15400, 14630, 14090, 16100)	Barriles/mes
Reservas_GN	7,001,548,059	Barriles
Produciendo_GN	Reservas_GN*TProducción	Barriles/mes
TProducción	0.75	Adimensional
Producción	2,266,323	Barriles
Transportando GN	IF(ProbRoturaDucto>=0.95) THEN STEP(0, 0.25) ELSE Produccion_GN*TTransporte_GN	Barriles/mes
TTransporte GN	0.8	Adimensional
ProbRoturaDucto	NORMAL(0.5, 0.15, 0.2)	Adimensional
FReinyeccion	GNH_Almacenado_Malvinas*TReinyeccion	Barriles/mes
TReinyección	0.3	Adimensional
GNH Almacenado Malvinas	652,539,700,000	Barriles
Transportando LGN	IF(ProbRoturaDuctoLGN>0.95) THEN RoturaDuctoLGN ELSE GNH_Almacenado_Malvinas*TTranspLGN	Barriles/mes
ProbRoturaDuctoLGN	NORMAL(0.5, 0.15, 0.2)	Adimensional
RoturaDuctoLGN	STEP(0, 0.25)	Barriles/mes
TTranspLGN	0.4	Adimensional
LGN Transportado	23,753,471.6	Barriles
Transportando GNS	GNH_Almacenado_Malvinas*TTransporte_GN S	Barriles/mes
TTranspGNS	0.3	Adimensional
GNS Transportado	2,104,833,333	Barriles
TProducirGNL	IF(IndiceCapacidad>=1) THEN 0 ELSE 0.85	Adimensional
TDistrib	1-TProducirGNL	Adimensional
DistrbGNS	TDistrib*GNS_Transportado	Barriles/mes
Mercado Local	38,740.513	Barriles
Produciendo GNL	GNS_Transportado*TProducirGNL	Barriles/mes
IndiceCapacidad	GNL_Almacenado/CapacidadLimiteAlmacGN L	Adimensional
GNL ProducidoMelchorita	29,235.1	Barriles
Almacenando GNL	GNL_Producido_Melchorita*TAlmacenaGNL	Barriles/mes
TAlmacenaGNL	0.75	Adimensional
CapacidadLimiteAlmacGNL	1,588,757	Barriles
GNL Almacenado	107,631.3	Barriles
Exportando GNL	938,000	Barriles/mes
TExportacion GNL	0.8	Adimensional
GNL Exportado	65,274,000	Barriles
ProbOleaje anomalo	NORMAL(0.5, 0.15, 0.2)	Adimensional
GLP Producido Pisco	16,703,301.55	Barriles

Transportando GLP por tierra al Sur	$GLP\_Producido\_Pisco * Ttransporte\_GLP\_por\_tierra\_Sur$	Barriles/mes
GLP transportado por tierra al Sur	62,040	Barriles
Almacenando GLP transportado al Sur	$GLP\_transportado\_por\_tierra\_al\_Sur * TAlmacenamientoGLPtransportado\_al\_Sur$	Barriles/mes
TAlmacenamientoGLPtransportado al Sur	0.7	Adimensional
Abastecimiento GLP transportado al sur	25,000	Barriles
Ttransporte GLP por tierra Sur	0.3	Adimensional
Transportando GLP por mar	IF(ProbOleaje_anomalo>=0.95) THEN STEP(0, 0.25) ELSE $GLP\_Producido\_Pisco * TTransporte\_maritimo\_GLP$	Barriles/mes
TTransporte marítimo GLP	0.7	Adimensional
GLP transportado por mar	8,629,131	Barriles
AbasteciendoGLPCentro	$GLP\_transportado\_por\_mar * TAbasteCentro$	Barriles/mes
TAbasteCentro	0.3	Adimensional
AbastecimientoGLPCentro	200,000	Barriles

Nota. Fuente: Adaniya (2019)

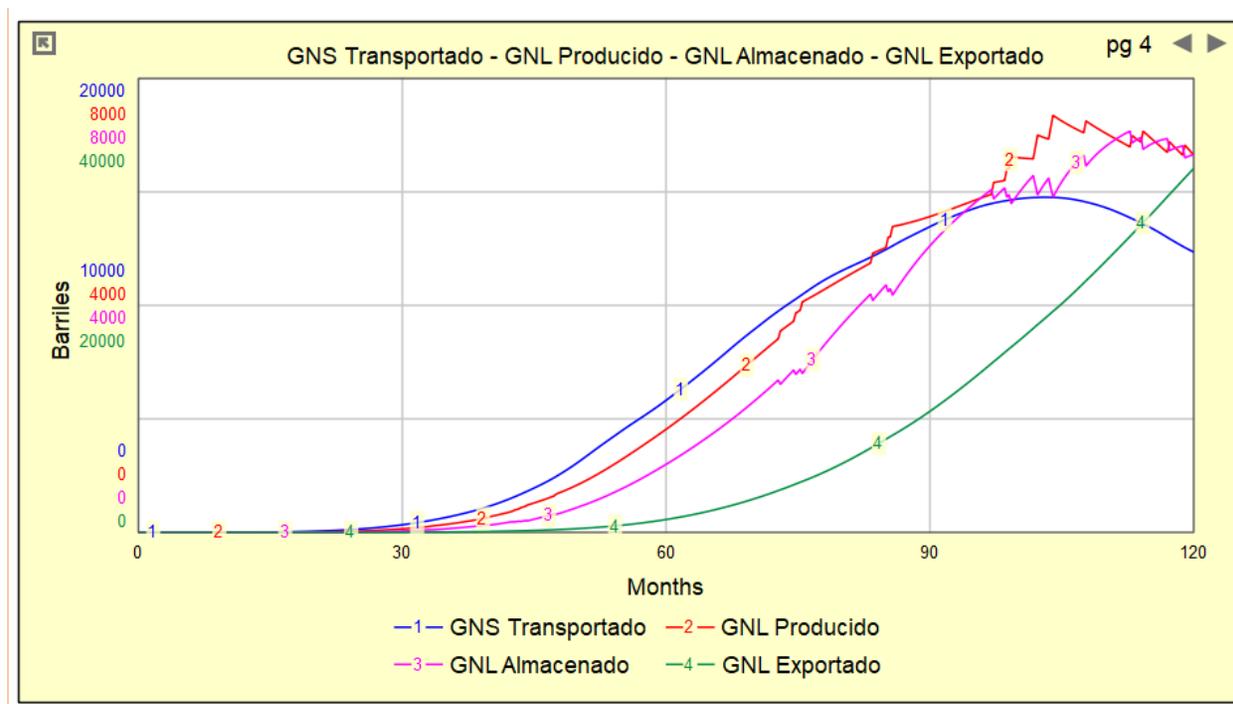


Figura 47. Variación en el tiempo de las variables GNH Almacenado Malvinas – LGN Transportado – GLP Producido Pisco. Resultado de la simulación. Adaniya (2019)

De esta forma, las acciones que adopte el Estado Peruano deben orientarse a establecer políticas que incentiven las inversiones en exploración y la confirmación de nuevos yacimientos de gas natural con el consiguiente incremento de las reservas, propiciando el incremento de la producción de gas natural y, por tanto, de líquidos de gas natural con el subsecuente incremento en la producción de GLP. Estas políticas incentivarán además la participación de nuevos inversores en el subsector hidrocarburos.

## Capítulo VIII. Conclusiones, limitaciones, recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

1. La aplicación, incluso parcial, de la metodología de dinámica de los sistemas blandos, mostrando los pasos necesarios para la confirmación de las variables involucradas en la problemática del abastecimiento de GLP, a partir de la cosmovisión de los diferentes grupos de interés, ha permitido evidenciar y sustentar su existencia.
2. Como resultado de la aplicación de esta metodología se ha identificado todos los riesgos que, en caso de materializarse, producirán una interrupción en la producción de LGN y, por lo tanto, una reducción en la producción de GLP afectando su distribución y, como consecuencia, la satisfacción de la demanda.
3. Con la identificación de los riesgos se logra también la de las variables endógenas y exógenas involucradas, cumpliéndose con la finalidad de verificar la existencia de correspondencia con las variables identificadas a partir de la cosmovisión de los grupos de interés.
4. La metodología de la dinámica de los sistemas blandos ha demostrado ser una herramienta de análisis apropiada para detectar variables cuyo nivel de afectación a la problemática puede ser analizada utilizando técnicas de análisis multivariante como el análisis factorial, análisis de regresión o mediante modelos de ecuaciones estructurales.
5. La metodología de dinámica de sistemas blandos ha demostrado ser una herramienta de análisis apropiada para la identificación de variables endógenas y exógenas, para su posterior análisis estadístico. Su aplicación no ha sido completa pues la finalidad de su utilización ha sido corroborar las variables involucradas en la problemática de acuerdo a la cosmovisión de los grupos de interés en el abastecimiento de GLP.
6. El conocimiento del grado de correlación o relación causal entre las variables, dentro de los diferentes contextos generados a partir de la cosmovisión de los grupos de interés, permite

cuantificar y analizar su vinculación, así como su comportamiento respecto del comportamiento de otras variables vinculadas; ello permite predecir con cierto grado de precisión, el valor del impacto de las variables sobre la problemática de abastecimiento de GLP.

7. La aplicación del análisis de componentes principales (ACP), utilizando data real, ha permitido analizar la estructura de las relaciones entre 8 variables involucradas en el abastecimiento de GLP asumiendo que se cumplen las mismas consideraciones que se toman en cuenta cuando se trabaja con datos obtenidos a partir de cuestionarios en formato ordinal tipo Likert.
8. Los resultados de la aplicación del ACP muestran dos componentes principales que incluyen las variables involucradas con diferentes cargas factoriales que corroboran las tendencias observadas en la data histórica.
9. La aplicación del análisis de regresión múltiple o el modelamiento de ecuaciones estructurales permite encontrar la interrelación entre las variables y sus respectivos factores de carga, los cuales indicarán la contribución relativa que cada variable hace a la situación problemática.
10. La aplicación del ACP proporciona resultados distintos que los resultados de aplicar el análisis de regresión múltiple o el modelamiento de ecuaciones estructurales, observándose que, en el primer caso, se presenta un relacionamiento de un mayor número de variables (que involucran varios grupos de interés) y, en el segundo caso, hace más específica la explicación centrándose en relacionar las variables a uno de los grupos de interés involucrados.
11. Conocido todo el sistema, y definidas las unidades de análisis, es posible desarrollar un modelamiento de dinámica de sistemas y un análisis de sensibilidad para efectos de medir los impactos de las variables, en función del tiempo.
12. La aplicación de la dinámica de sistemas genera escenarios y proyecciones que pueden contribuir a la toma de decisiones y acciones para garantizar el abastecimiento de GLP.

## 8.2 Limitaciones

1. Debido a que no es finalidad de este estudio plantear las soluciones a la problemática del abastecimiento de GLP en el Perú, no se ha realizado una aplicación completa de la metodología de dinámica de los sistemas blandos sino únicamente los pasos necesarios para la confirmación de las variables involucradas en la problemática a partir de la cosmovisión de los diferentes grupos de interés.
2. La determinación del coeficiente de Chronbach a partir de data real puede ser una limitación para la aplicación del ACP o los modelos de ecuaciones estructurales utilizando SPSS o Lisrel al eliminar variables para cumplir con el criterio de que su valor sea mayor de 0,50. Relacionado a esto, es la exclusión de variables que, desde el punto de vista teórico, pudieran ser importantes.
3. Los periodos de la data histórica existente en la base estadística del Ministerio de Energía y Minas representan un factor limitante para la determinación de un tamaño de muestra adecuado para la aplicación de análisis multivariante; sin embargo, a medida que vaya incrementándose en el transcurso del tiempo, el análisis utilizando el modelo de ecuaciones estructurales puede ser una buena herramienta para la toma de decisiones durante el establecimiento de políticas públicas referidas al aseguramiento del suministro de combustibles como el GLP.
4. Dado que los estadísticos de bondad de ajuste son sensibles al tamaño de la muestra, debe evaluarse el tamaño de muestra apropiado cuando se trabaja con data real para evitar el deterioro de los valores de ajuste.
5. En virtud del punto anterior, se debe contar con un tamaño de muestra concordante con el número de variables.
6. Debe verificarse que todas las variables sean cuantitativas continuas para sustentar el uso de la varianza y covarianza como estadísticos, así como para lograr un proceso apropiado de estimación de parámetros del modelo. No se ha encontrado investigaciones que hagan mención del trabajo con data histórica real.

7. Limitaciones de información económico-financiera no permite la incorporación de costos en las simulaciones de dinámica de sistemas para una mejor evaluación de las proyecciones.

### **8.3 Recomendaciones**

1. Debido a que las investigaciones parten de datos como resultado de la aplicación de encuestas y cuestionarios, se debe continuar en la identificación de otro modelo tentativo que tenga un mejor ajuste y debe ser contrastado con otros modelos, aun cuando estén soportado por otras teorías.
2. Se recomienda extender este estudio con la aplicación de encuestas y cuestionarios de forma de contrastar los resultados del ACP con el hallado en esta investigación, tomando en cuenta tamaños muestrales superiores a los 100 sujetos, con una tasa superior a los 10 sujetos por variable observada.
3. Posteriormente, someter los resultados del estudio anterior para encontrar modelos de ecuaciones estructurales utilizando SPSS.
4. Es recomendable profundizar la investigación involucrando variables que incorporen los costos de inversión y combine con las variables productivas, por lo que abre un nuevo horizonte de investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abraham, Spencer (2004). La Política Energética Nacional de Estados Unidos y la Seguridad Energética Mundial. Desafíos de la Seguridad Energética. *Perspectivas Económicas*. Periódico electrónico del Departamento de Estado de Estados Unidos. Mayo 2004. Volumen 9. Número 2. pp 6-9. Disponible en <http://usinfo.state.gov/journals/journals.htm>
2. Adaniya, Beatriz (2019). *Abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP). Análisis causal de los factores que lo impactan mediante análisis multivariable* (Tesis de Doctorado en Gestión de Empresas). Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
3. Aguirre, L., Galdo, M., Medina, K., Ychikawa, C. (2015) *Seguridad en el Abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo en el Perú*. (Tesis de Maestría en Gestión de la Energía). Universidad Esan.
4. Alhajji, A. F. (2007): "What is energy security? Definitions and concepts", Middle East Economic Survey, Vol. L, N° No 45, 5-November-2007. Disponible en: <http://archives.mees.com/issues/213/articles/8255>
5. Amésquita, Fidel y Canelo, José (2011). Problemática del Mercado de GLP en el Perú. Documento de Trabajo. División de Planeamiento y Desarrollo. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin.
6. Asia Pacific Energy Research Centre (2007). A Quest for Energy Security in the 21st Century. Resources and Constraints. Institute of Energy Economics, Japan. ISBN 978-4-931482-35-7. Disponible en [www.ieej.or.jp/aperc](http://www.ieej.or.jp/aperc)

7. Barton, B., Redgewell, C., Ronne, A. y Zillman, D. N. (2004): *Energy security: Managing risk in a dynamic legal and regulatory environment*, pp. 506. Reprinted 2005, Oxford, New York, Oxford University Press. ISBN: 9780199271610 eISBN: 97801917092898. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/32896847\\_Energy\\_Security\\_Managing\\_Risk\\_in\\_a\\_Dynamic\\_Legal\\_and\\_Regulatory\\_Environment](https://www.researchgate.net/publication/32896847_Energy_Security_Managing_Risk_in_a_Dynamic_Legal_and_Regulatory_Environment)
8. Belyi, A. V. (2007): "Energy security in international relations (IR) theories", Cathedra on political issues of international energy. Higher School of Economics. Disponible en [www.hse.ru/data/339/636/1233/ReaderforLecturesOnEnergySecurity.doc](http://www.hse.ru/data/339/636/1233/ReaderforLecturesOnEnergySecurity.doc)
9. Belyi, Andrei V. (2015). *Transnational Gas Markets and Euro-Russian Energy Relations*. Palgrave MacMillan. New York. ISBN 978-1-137-48297-6 (hardback).
10. Berrah, N., Feng, F., Priddle, R. y Wang, L. (2007): *Sustainable energy in China: The closing window of opportunity*, pp. 273. Washington, DC, International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank. ISBN-13: 978-0-8213-6754-4 (electronic version)
11. Blunch, Niels J. (2008). *Introduction to Structural Equation Modelling using SPSS and AMOS*. Reprinted 2010. SAGE Publications Ltd. London. ISBN 978-1-4129-4556-1. ISBN 978-1-4129-4557-8 (pbk)
12. Bohi, Douglas R., Michael A. Toman (1996). *The Economics of Energy Security*. Kluwer Academic Publishers. Estados Unidos. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?id=llxjsjtpi9EC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=llxjsjtpi9EC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
13. Centro de Control SCOP. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin (2015). Reporte diario de producción y despacho de GLP

14. Checchi, A., Behrens, A., Egenhofer, C. y Centre for European Policy Studies (2009): Long-term energy security risks for Europe: A sector-specific approach. Vol. 309, pp. 52. Brussels, Centre for European Policy Studies. ISBN 978-92-9079-849-1 Disponible en <http://aei.pitt.edu/10759/1/1785.pdf>
15. Chevalier, J. (2006): Security of energy supply for the European Union, *European Review of Energy Markets*, Vol. 1, N° 3, pp. 20. November 2006. Disponible en <https://www.eeoinstitute.org/european-review-of-energy-market/EREM%203%20article%20Jean-Marie%20Chevalier.pdf>
16. Consejo de la Unión Europea. Directiva 2006/67/CE (2006). Disponible en <https://www.boe.es/doue/2006/217/L00008-00015.pdf>
17. Consenso de Guayaquil sobre Integración, Seguridad e Infraestructura para el Desarrollo. Recuperado el 07 de diciembre de 2015 en [http://www.comunidadandina.org/documentos/dec\\_int/Consenso\\_guayaquil.htm](http://www.comunidadandina.org/documentos/dec_int/Consenso_guayaquil.htm).
18. De Espona, Rafael José (2013). El Concepto Integrado de Seguridad Energética. Documento de opinión (02/04/2013). Instituto Español de Estudios Estratégicos. 32/2013. Disponible en <http://revista.ieee.es/index.php/ieee>
19. Dirección Nacional de Bibliotecas INACAP. 2015. Guía para citar textos y referencias bibliográficas según Norma de la American Psychological Association (APA). 6° edición.
20. División Planeamiento y Desarrollo. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin (2015). Informe situacional de la comercialización del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el Perú.

21. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 1985 With Projections to 1995. February 1986. DOE/EIA-0383(85).
22. Energy Information Administration. Assumptions to the Annual Energy Outlook 2001 With Projections to 2020. December 2000. DOE/EIA-00554(2001).
23. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2007 With Projections to 2030. February 2007. DOE/EIA-0383(2007).
24. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2010 With Projections to 2035. April 2010. DOE/EIA-0383(2010).
25. Escobedo Portillo, María Teresa, Hernández Gómez, Jesús Andrés, Estebané Ortega Virginia y Martínez Moreno, Guillermina (2015). Modelos de Ecuaciones Estructurales: Características, Fases, Construcción, Aplicación y Resultados. *Ciencia & Trabajo*. AÑO 18 | NÚMERO 55 | ENERO / ABRIL 2016, pp. 16/22. Disponible en [www.cienciaytrabajo.cl](http://www.cienciaytrabajo.cl)
26. Escribano, Gonzalo (2006). Seguridad energética: concepto, escenarios e implicaciones para España y la UE. Documento de Trabajo (DT) 33/2006. Área: Economía y Comercio Internacional- Real Instituto Elcano de Estudios Internacionales y Estratégicos. Recuperado el 07 de diciembre de 2015, de <http://www.relainstitutoelcano.org>.
27. Escribano, G. y García-Verdugo, J. (2012): Energy security, energy corridors and the geopolitical context: A conceptual approach, en Marín et al. (Eds.) (2012), Cap. 2, pp. 26-36. ISBN 978-0-415-67676-2.
28. Fernández Arauz, Andrés. (2015). Diferencias entre el análisis factorial exploratorio y confirmatorio: una ilustración para un modelo de medición del rendimiento académico en lectura con datos de PISA 2009. Recuperado de <https://www.academia.edu/13207333/>

29. Fernández Guzmán, Víctor Manuel (2013). El gas natural y la calidad de vida: Factores percibidos por los hogares en un país en vías de desarrollo. (Tesis doctoral) Departamento de Ciencias Sociales. Universitat Ramon Llull. ESADE. Bracelona. España.
30. Fernández Heredia, Álvaro (2012). El potencial de las variables latentes en modelos explicativos del uso de la bicicleta. (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. España.
31. Francos Rodríguez, Martín. Estimación de la demanda de combustibles en República Dominicana. Texto de Discusión N° 6. Secretariado Técnico de la Presidencia. Programa de Reforma del Poder Ejecutivo. Unidad de Análisis Económico.
32. Frondel, Manuel, Nolan Ritter y Christoph Schmidt (2008). Germany's solar cell promotion: Dark clouds on the horizon. En *Energy Policy* 2008. Vol. 36, Issue 11, Pag 4198-4204. Elsevier. Disponible en [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301-4215\(08\)00368-6](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301-4215(08)00368-6)
33. García-Verdugo Sales, Javier, Muñoz Delgado, Beatriz y San Martín Gonzáles, Enrique. (2015). Una propuesta metodológica para la cuantificación de los aspectos geopolíticos de la seguridad energética. *Revista de Economía Mundial* 39, 2015, 45-76. ISSN: 1576-0162
34. Gefen, Karahanna y Straub (2003) Trust and TAM in online shopping: An integrated model, *MIS Quarterly*, vol.27. Disponible en [https://rpubs.com/Jo\\_/lavaan\\_efectos\\_directos](https://rpubs.com/Jo_/lavaan_efectos_directos)
35. Gerencia de Fiscalización de Gas Natural y Gerencia de Fiscalización de Electricidad. Osinergmin (2011). Informe de evaluación de impactos por restricciones en el suministro de gas natural. Julio 2011.

36. Gerencia de Fiscalización de Gas Natural. Osinergmin (2015) Informe sobre producción y demanda de GLP. Abril 2015
37. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin. 2015. Informe del estado situacional de la comercialización del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el Perú. División de Planeamiento y Desarrollo.
38. Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos. Osinergmin. 2011. Problemática del mercado de Gas Licuado de Petróleo. División de Planeamiento y Desarrollo.
39. Hair, Joseph F. Jr., Anderson, Rolph E., Tatham, Ronald L., Black, William C. (2008). Análisis Multivariante. Quinta Edición. Perason. Prentice Hall. España.
40. Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar (2010). Metodología de la Investigación. Quinta Edición. Mc. Graw-Hill - Educación. México.
41. International Energy Agency. Energy Supply Security. Emergency Response of EIA Countries. OECD/IEA, 2014. Disponible en [www.iea.org](http://www.iea.org).
42. Jansen, J. C. y Seebregts, A. J. (2010): Long-term energy services security: What is it and how can it be measured and valued? *Energy Policy*, Vol. 38, N° 4, pp. 1654-1664. April 2010. Disponible en, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.047>
43. Kiani, Behdad, Saeed Mirzamohammadi, Seyed Hossein Hosseini. A Survey on the Role of System Dynamics Methodology on Fossil Fuel Resources Analysis (2010). En *International Business Research*, Vol. 3, N° 3; July 2010. Disponible en [www.ccsenet.org/ibr](http://www.ccsenet.org/ibr)
44. Chi, K. C., Reiner, D., & Nuttall, W. J. (2009). Dynamics of the UK Natural Gas Industry: System Dynamics Modelling and Long-Term Energy Policy Analysis. <https://doi.org/10.17863/CAM.5376>

45. Kruyt, Bert, D.P. van Vuuren, H.J.M. de Vries, H. Groenenberg. Indicators for energy security (2009). En *Energy Policy* 2009. Vol. 37, Issue 6, June 2009, Pag. 2166-2181. Elsevier. Disponible en <http://www.pbl.nl/en/publications/2009/Indicators-for-energy-security>
46. Le Coq, C. y Paltseva, E. (2009): "Measuring the security of external energy supply in the European Union", *Energy Policy*, Vol. 37, N° 11, pp. 4474-4481. November 2009. Disponible en <http://ssrn.com/abstract=1473781>
47. Löschel, Andreas, John Johnston, Mark A. Delucchi, Trevor N. Demayo, Donald L. Gautier, David L. Greene, Joan Ogden, Steve Rayner, and Ernst Worrell. (2010). Stocks, Flows, and Prospects of Energy. En *The Strüngmann Forum Report, Linkages of Sustainability*. Editado por Thomas E. Graedel and Ester van der Voet. 2010. MIT Press. ISBN: 0-262-01358-4. Disponible en [http://cta.ornl.gov/cta/Publications/Reports/Stocks\\_Flows\\_and\\_Prospects\\_of\\_Energy.pdf](http://cta.ornl.gov/cta/Publications/Reports/Stocks_Flows_and_Prospects_of_Energy.pdf)
48. Lloret-Segura, Susana, Adoración Ferreres-Traver, Ana Hernández-Baeza e Inés Tomás-Marco (2014). El análisis factorial exploratorio de los variables: una guía práctica, revisada y actualizada. En *anales de psicología*. 2014, vol 30, N° 3 (octubre), 1151-1169. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Murcia (España) ISSN edición impresa: 0212-9728. ISSN edición web (<http://revistas.um.es/analesps>): 1695-229446.
49. Marín Quemada, José María, San Martín Gonzáles, Enrique y Serrano Calle, Silvia (2012). Factores clave de la seguridad del suministro energético. Grupo de Investigación Consolidado "Economía Política Internacional" (UNED). Cuadernos de Energía N° 35. junio 2012. Pp 68-81

50. Martin, W. F., Imai, R. y Steeg, H. (1996): Maintaining energy security in a global context: A report to the trilateral commission, Vol. 48, pp. 117. New York, The Trilateral Commission. ISBN 0-930503-73-2
51. Muñoz Delgado, Beatriz (2012). *Turquía y la Seguridad Energética de la Unión Europea*. (Tesis doctoral). Departamento de Economía Aplicada. Facultad de Ciencia Económicas y Empresariales. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España. 54
52. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin. La informalidad y sus manifestaciones en la comercialización de combustibles líquidos en el Perú. Documento de Trabajo N° 15, diciembre 2004.
53. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin. La organización económica de la industria de hidrocarburos en el Perú: La comercialización del GLP envasado. Documento de Trabajo N° 21, agosto 2006.
54. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin. El aporte de Osinergmin a la investigación sobre la problemática del sector energético y minero. Marzo 2012
55. Oficina de Estudios Económicos. Osinergmin (2012). Reporte de Análisis Económico Sectorial. Sector Hidrocarburos. Julio 2012
56. Olea Rodriguez, Martín y Karen Rivera Alanya (2014). Simulación del Mercado Argentino de Petróleo y Combustibles Líquidos. (Proyecto final de Ingeniería). Universidad Argentina de la Empresa.
57. Plan Energético Nacional 2014-2025 (2014). Resumen Ejecutivo. Documento de Trabajo. Dirección General de Eficiencia Energética. Ministerio de Energía y Minas. Noviembre 2014.
58. Powell, Colin L. (2004). Desafíos a la seguridad energética. En *Perspectivas Económicas*. Periódico electrónico del Departamento de Estado de Estados Unidos. Mayo de 2004.

59. Rodríguez, Laura y Javier García Verdugo (2012). Las Políticas de Seguridad de Abastecimiento Energético: Dimensiones, Cuantificación y Aplicación al Caso Español. *Papeles de Economía Española*, N° 134, 2012. ISSN: 0210.9107. “El Sector Energético Español”.
60. Rodriguez, Ricardo, Silvio Martínez, Isaac Dyner, Julio Pardo-Figueroa, Vladimiro Huaytán, Walter Cárdenas, José Navarro y Aldo Gonzáles. Gestión Estratégica Dinámica de Gas Natural a Largo Plazo mediante la Soft System Dynamics Methodology (SSDM): El Caso Peruano (2015). XIII Congreso Latinoamericano y Colombiano de Dinámica de Sistemas.
61. Rodriguez, Ricardo A. La Sistémica, los Sistemas Blandos y los Sistemas de Información (2012). Instituto Andino de Sistemas – IAS. Perú. Versión digital. Recuperado del Diplomado Virtual Internacional en Sistémica y Cibernética Organizacional (DISCO – IAS). 2017 64.
62. Ruiz Gonzáles, Francisco J. (2013). Reflexiones sobre la Seguridad Energética de Europa. Documento Marco. (04/07/2013). Instituto Español de Estudios Estratégicos. 12/2013. Disponible en <http://revista.ieee.es/index.php/ieee>
63. Simmons, Paul E. (2008). Los desafíos de la seguridad energética mundial. En Documentos. Estudios Internacionales 160 (2008). Universidad de Chile
64. Suárez, Andrés. (2013). Sustentabilidad empresarial, seguridad energética y ética ambiental en Chile. *Acta Bioethica*, 19(2), 199-208. Recuperado en 08 de diciembre de 2015, [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-569X2013000200004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-569X2013000200004&lng=es&tlng=es). 10.4067/S1726-569X2013000200004.

65. Tymoschuk, Ana, Rosana Portillo (2012). Modelo Dinámico para el Estudio de la Situación Energética en la Ciudad de Santa Fe. X Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. III Congreso Brasileño de Dinámica de Sistemas. I Congreso Argentino de Dinámica de Sistemas.
66. U.S. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 1985 with Projections to 1995. February 1986. DOE/EIA-0383(85).
67. U.S. Energy Information Administration. Assumptions to the Annual Energy Outlook 2001 with Projections to 2020. December 2000. DOE/EIA-00554 (2001).
68. U.S. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2007 with Projections to 2030. February 2007. DOE/EIA-0383 (2007).
69. U.S. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2010 with Projections to 2035. April 2010. DOE/EIA-0383 (2010).
70. U.S. Energy Supply Security. Emergency Response of IEA Countries 2014. International Energy Agency. OECD. IEA
71. U.S. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2015 with Projections to 2040. April 2015. DOE/EIA-0383 (2015)
72. Van der Linde, C., Amineh, M. P., Correljé, A., De Jong, D. y Hansen, S. (2004): Study on energy supply security and geopolitics, Contract number TREN/C1-06-2002, pp. 117. The Hague, The Netherlands, January 2004. Clingendael International Energy Programme (CIEP), prepared for DGTREN.
73. Van de Wyngard, Hugh (2006). Seguridad energética en Chile: dilemas, oportunidades y peligros. En *Temas de la Agenda Pública*. Pontificia Universidad Católica de Chile.

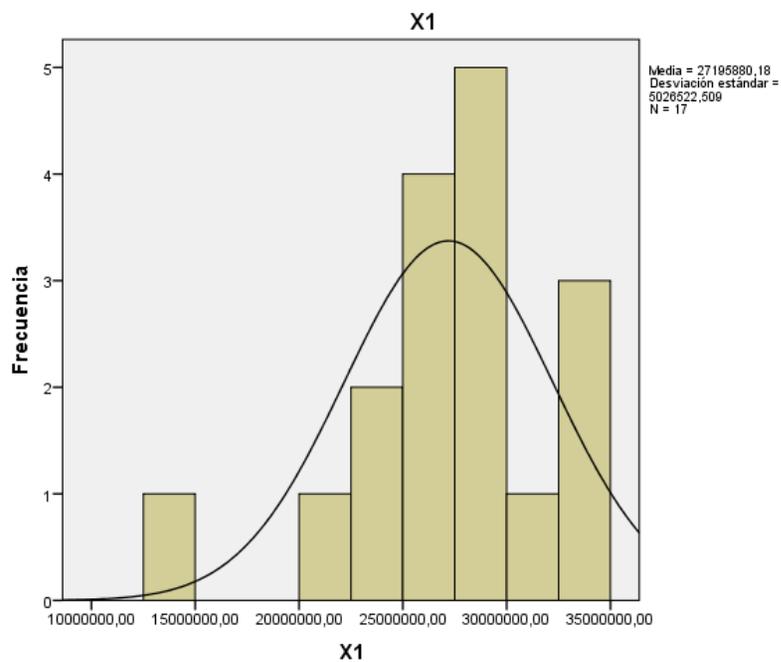
Vicerrectoría de Comunicaciones y Asuntos Públicos. Dirección de Asuntos Públicos.

Año 1. N° 4. noviembre 2006. Chile. 70.

74. Van Mullekom, Theo, Jac A.M. Vennix (2000). Structuring managerial problem situations Assessing the suitability of different methodologies. Recuperado el 10 de octubre del 2017, en **<http://www.systemdynamics.org/conferences/2000/PDFs/vanmulle.pdf>**
75. Yergin, Daniel (2006). Ensuring Energy Security. Essay. March/April 2006. Issue. En Foreign Affairs. The Magazine. Council on Foreign Relations. Vol. 85. N° 2. Disponible en [http://www.un.org/ga/61/second/daniel\\_yergin\\_energysecurity.pdf](http://www.un.org/ga/61/second/daniel_yergin_energysecurity.pdf)
76. Youngs, Richard (2009). Energy Security. Europe's New Foreign Policy Challenge. Routledge. Taylor & Francis Group. London and New York. ISBN 978-0-203-88262-7 (ebk). Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=RG18AgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=youngs+2009&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjGq9P2uvPLAhXMCCwKHcMEBgsQ6AEILTAD#v=onepage&q=youngs%202009&f=fals>

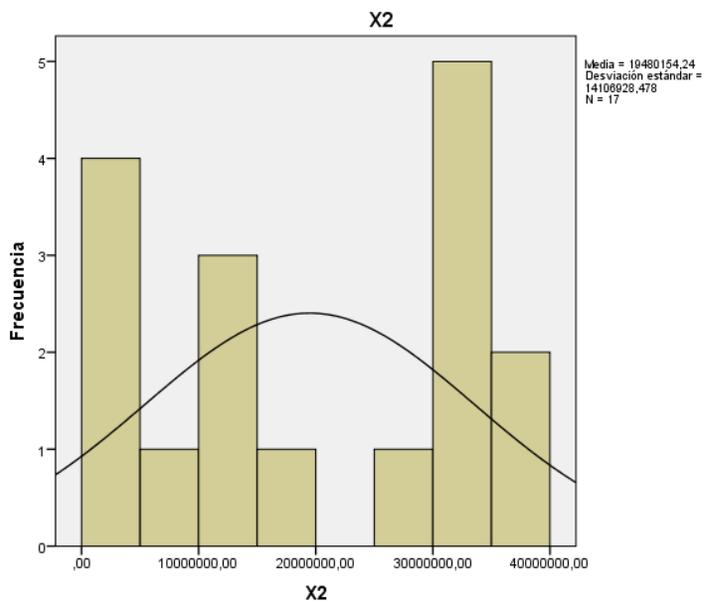
**ANEXOS**

## Anexo 1. Pruebas de Normalidad Univariante



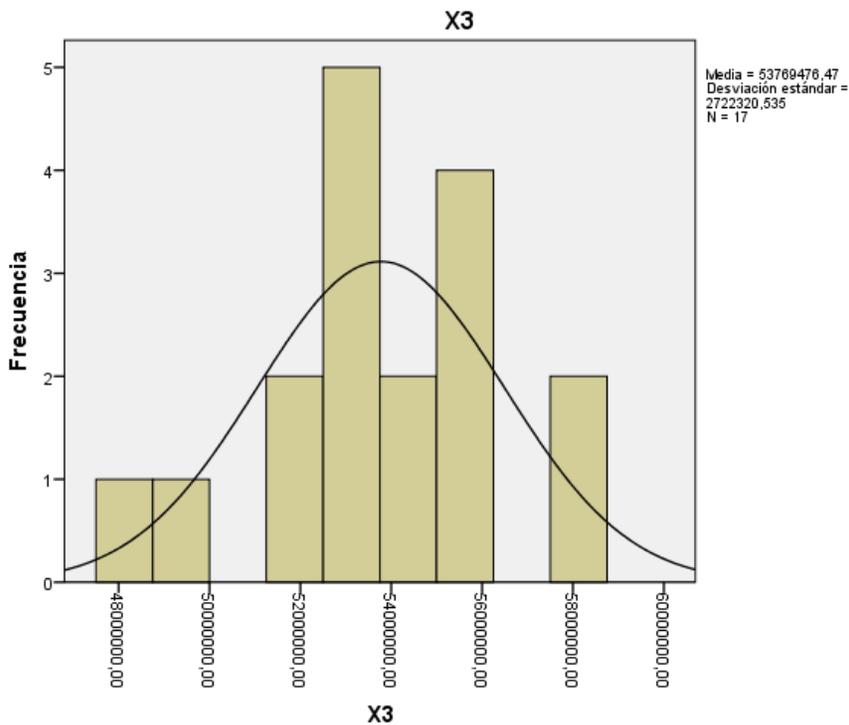
**Figura 1. Histograma de frecuencia de X1**

Fuente: Resultados de SPSS 23

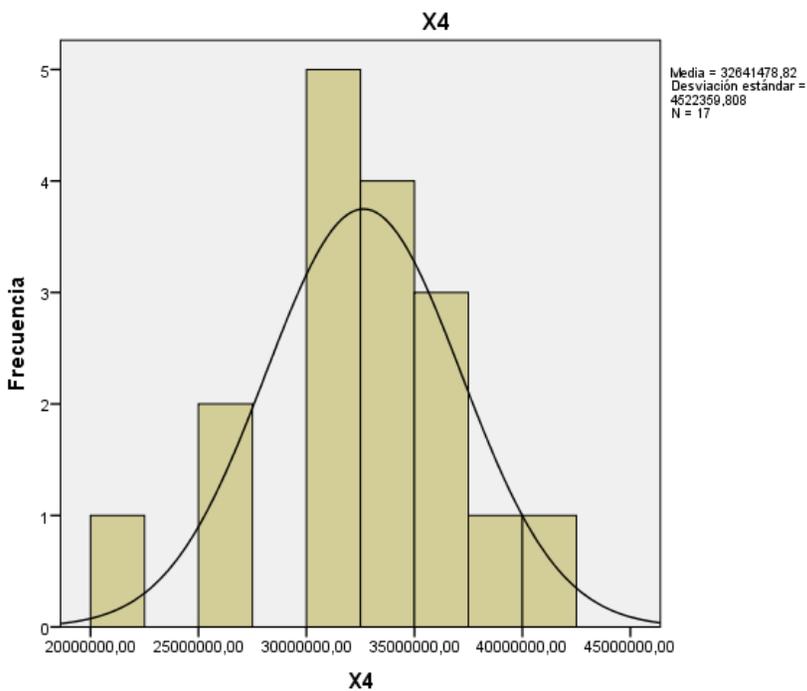


**Figura 2. Histograma de frecuencia de X2**

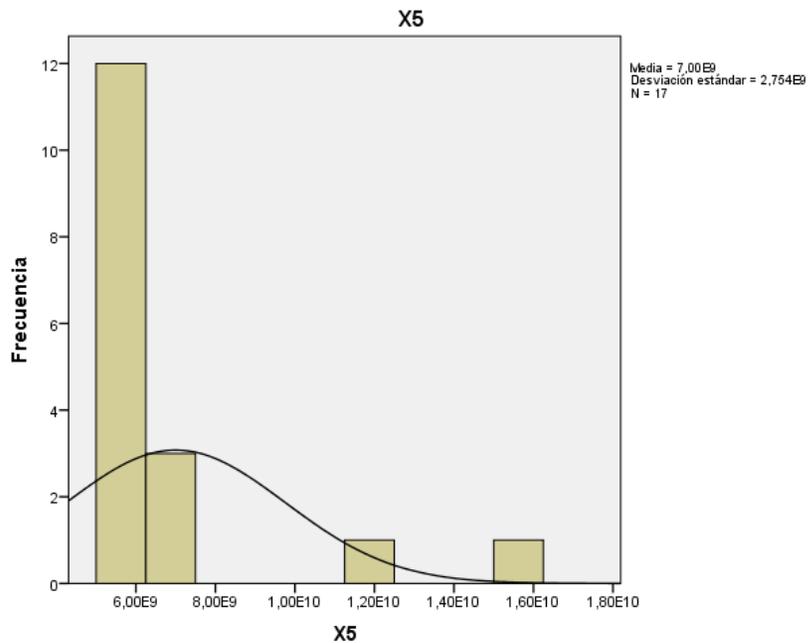
Fuente: Resultados de SPSS 23



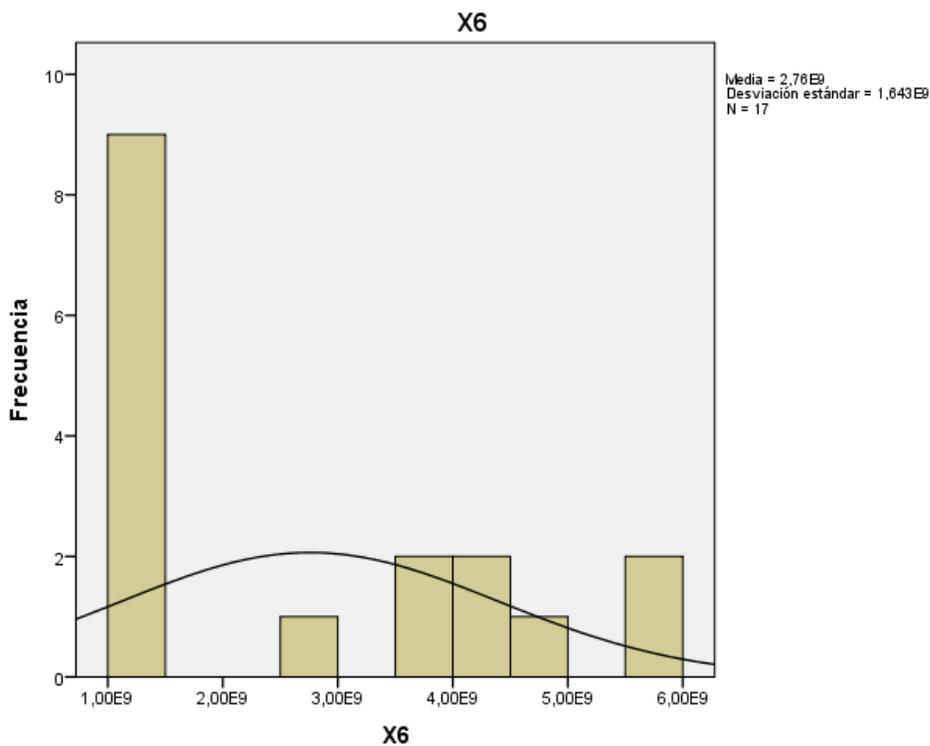
**Figura 3. Histograma de frecuencia de X3**  
Fuente: Resultados de SPSS 23



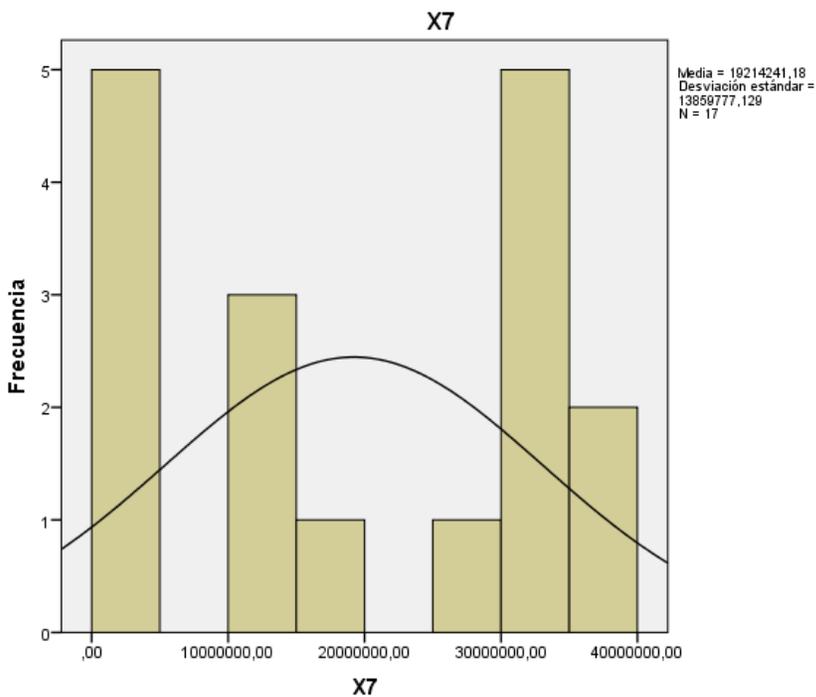
**Figura 4. Histograma de frecuencia de X4**  
Fuente: Resultados de SPSS 23



**Figura 5. Histograma de frecuencia de X5**  
Fuente: Resultados de SPSS 23

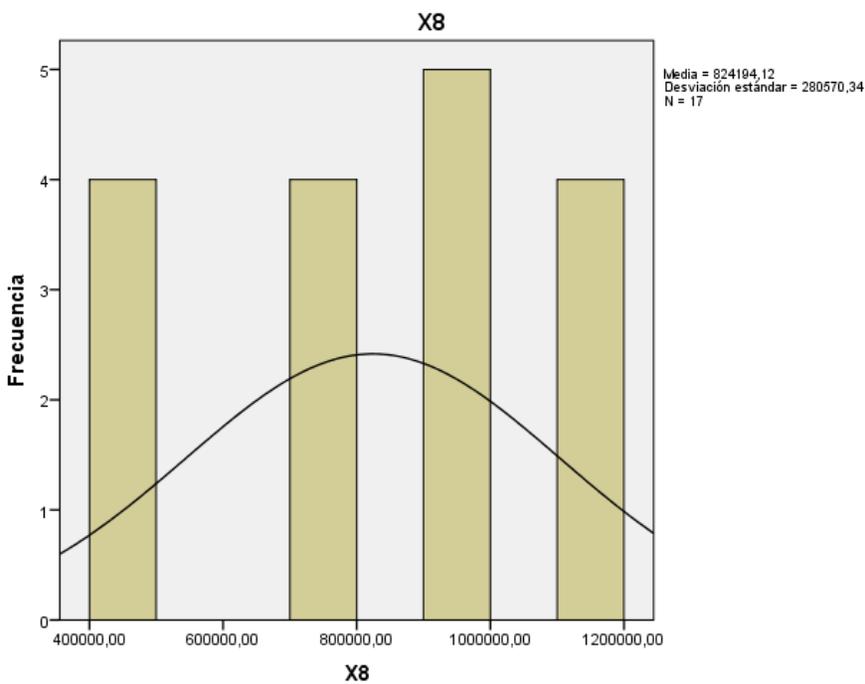


**Figura 6. Histograma de frecuencia de X6**  
Fuente: Resultados de SPSS 23



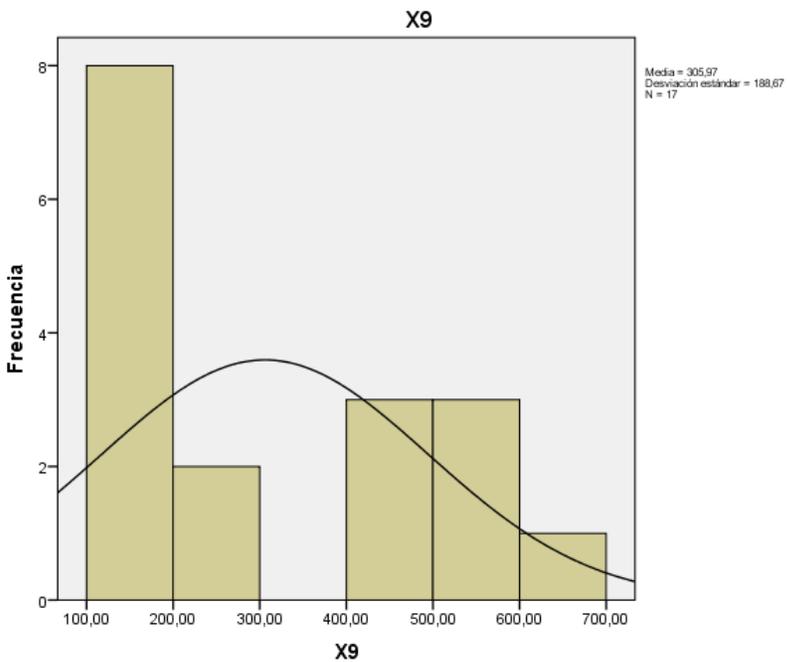
**Figura 7. Histograma de frecuencia de X7**

Fuente: Resultados de SPSS 23



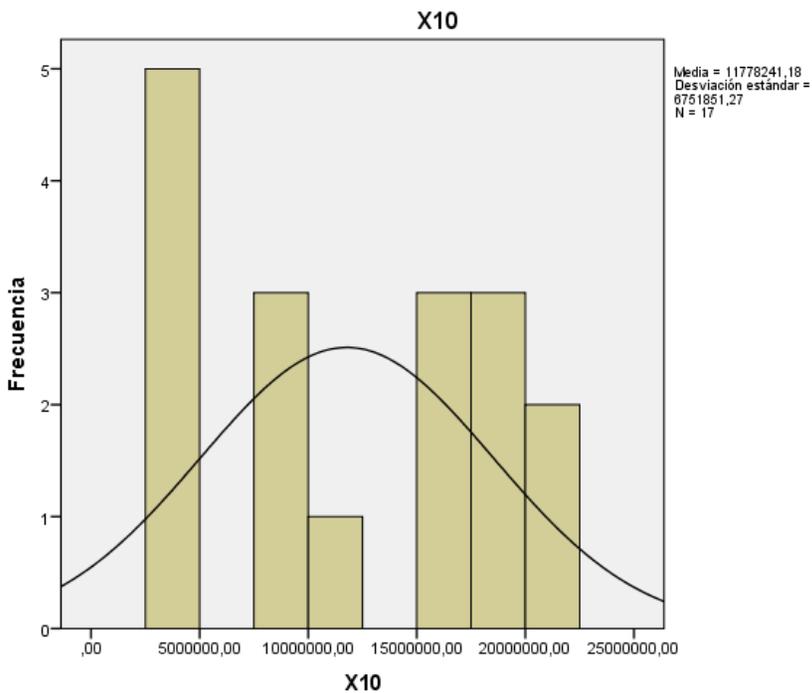
**Figura 8. Histograma de frecuencia de X8**

Fuente: Resultados de SPSS 23



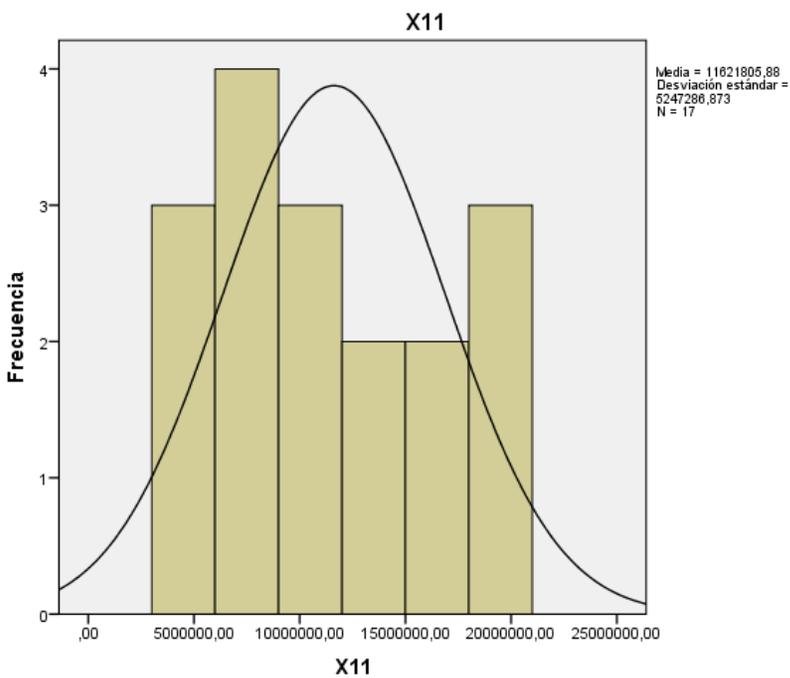
**Figura 9. Histograma de frecuencia de X9**

Fuente: Resultados de SPSS 23



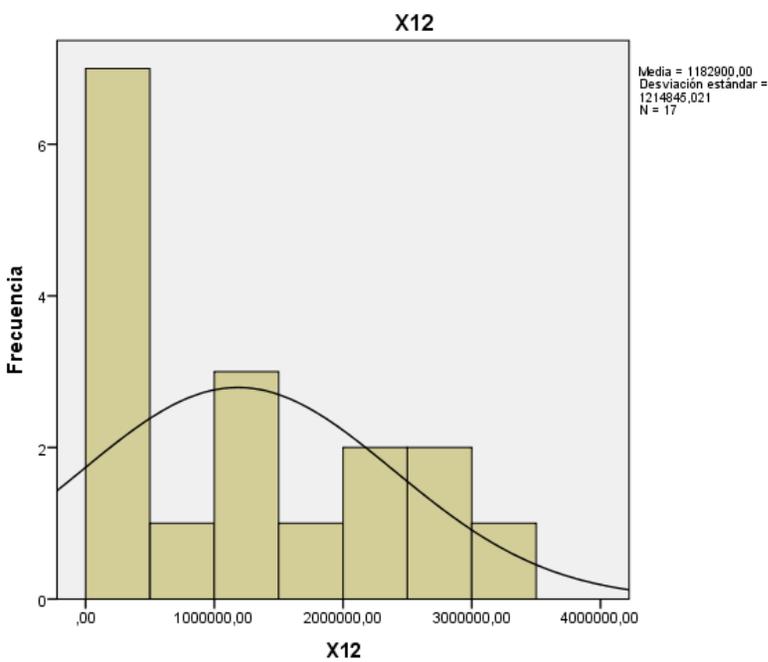
**Figura 10. Histograma de frecuencia de X10**

Fuente: Resultados de SPSS 23



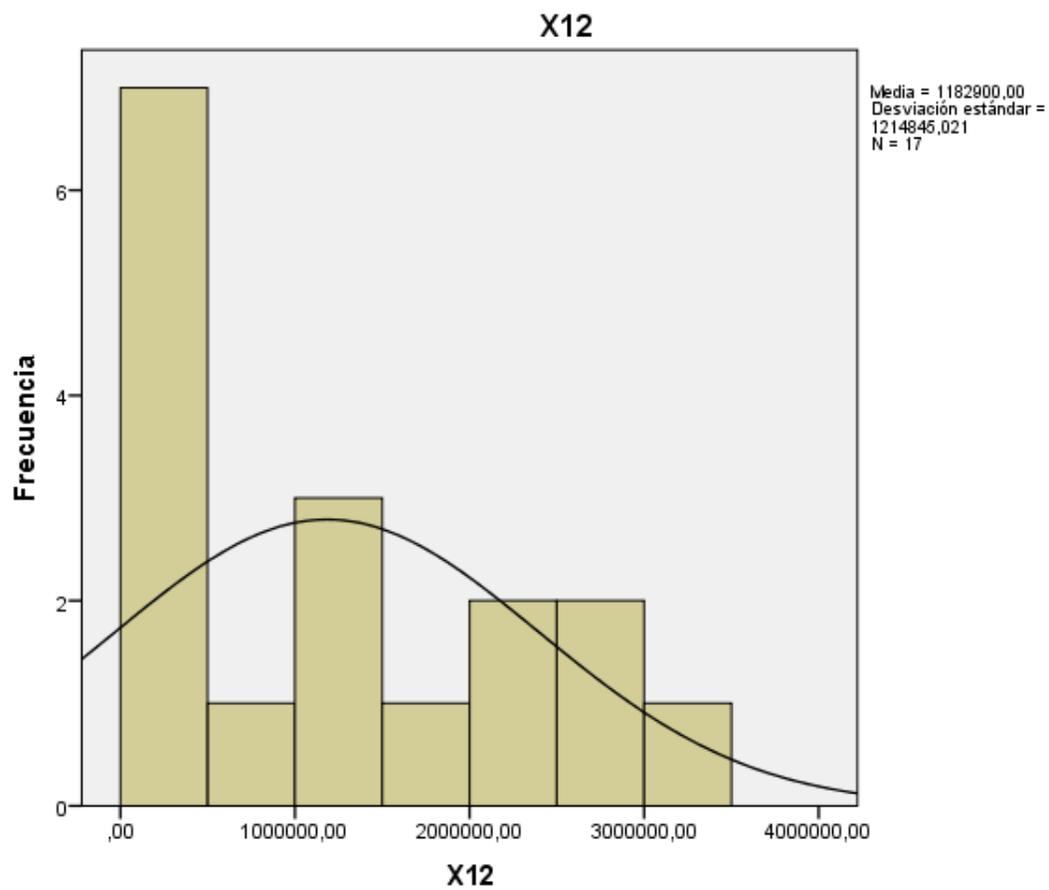
**Figura 11. Histograma de frecuencia de X11**

Fuente: Resultados de SPSS 23



**Figura 12. Histograma de frecuencia de X12**

Fuente: Resultados de SPSS 23



*Figura 13. Histograma de frecuencia de X13*  
Fuente: Resultados de SPSS 23

## **Anexo 2. Informe de análisis prospectivo del abastecimiento de GLP a nivel nacional, evaluado en el periodo 2014 al 2018**

Se presenta el informe de un ensayo de análisis prospectivo realizado en el año 2014 como referencia.

### **Informe de análisis prospectivo del abastecimiento de GLP a nivel nacional, evaluado en el periodo 2014 al 2018**

#### **A.2.1 Objetivos de la Exploración del Entorno**

Identificar señales de posibles desarrollos que permitan cambiar los pronósticos negativos de futuro sobre la seguridad del abastecimiento de GLP en el Perú.

#### **A.2.2 Exploración del Entorno**

La importancia de la exploración del entorno en el mercado de GLP nace de la necesidad de desarrollar planes que permitan asegurar las fuentes de abastecimiento de este producto y garantizar el normal desarrollo de este mercado. Considerando que los planes se desarrollan basados en los pronósticos cuyo origen son las presunciones que realizamos sobre el futuro, entonces la exploración debe servir para identificar indicios razonables que nos permitan realizar acciones en el presente con el objeto de cambiar el futuro no deseado por el deseado. Las fuentes de información estadística relacionadas a la comercialización y el registro del precio del GLP han sido obtenidas principalmente de los sistemas de información administrados por Osinergmin: SCOP<sup>1</sup>, SPIC<sup>2</sup> y PRICE<sup>3</sup>; y, para el caso de las exportaciones e importaciones de

---

1 Sistema de Control de Órdenes de Pedido

2 Procedimiento para la entrega de Información Relativa a la comercialización en el Subsector Hidrocarburos

3 Sistema de registro de precios de los hidrocarburos líquidos

GLP ha sido utilizada la información publicada en la página web del Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

Como fue mencionado en capítulos precedentes, los agentes involucrados en la comercialización del GLP, a nivel nacional, son todos los intervinientes en las diversas fases de la cadena de valor del GLP. Por otro lado, todas las transacciones comerciales están referidas al GLP a granel y GLP para envasado. Estas transacciones, registradas en el SCOP GLP, se complementan con la información comercial reportada a través del SPIC a fin de realizar las evaluaciones del comportamiento del mercado de GLP. La información comercial del GLP es reportada en unidades másicas (Toneladas) considerándose una densidad promedio del GLP de 2.019 kilogramos/galón.

La producción nacional de GLP en el periodo de enero a noviembre del año 2014 fue de 1,574.2 miles de toneladas y el promedio mensual fue de 143.1 miles de toneladas; los detalles de la participación por Productor de GLP son reportados en la Tabla 1.

*Tabla 1*  
**Producción nacional de GLP (enero a noviembre 2014\*)**

	Mes	Talara	Pampilla	Pluspetrol	Aguaytía	GMP	Savia-PGP	Producción (Miles TM)
2014	ene-14	12.3	4.6	120.2	2.4	1.9	2.4	<b>143.7</b>
	feb-14	9.8	4.4	118.1	2.1	1.4	2.1	<b>137.9</b>
	mar-14	11.2	5.3	132.6	2.6	1.7	2.4	<b>155.9</b>
	abr-14	10.1	5.5	125.2	2.4	1.6	2.4	<b>147.2</b>
	may-14	10.5	5.6	122.0	2.5	1.7	2.5	<b>144.9</b>
	jun-14	9.9	5.1	110.6	2.5	1.7	2.5	<b>132.3</b>
	jul-14	10.4	5.7	117.0	2.5	2.5	2.3	<b>140.5</b>
	ago-14	10.7	4.9	116.2	2.3	2.8	2.3	<b>139.2</b>
	sep-14	9.1	5.2	115.5	2.3	2.2	2.4	<b>136.7</b>
	oct-14	10.0	4.9	130.8	2.0	2.6	1.9	<b>152.3</b>
	nov-14	8.7	4.6	123.7	1.8	2.5	2.2	<b>143.6</b>
	<b>SUMA</b>	<b>112.8</b>	<b>55.9</b>	<b>1,331.9</b>	<b>25.4</b>	<b>22.7</b>	<b>25.5</b>	<b>1,574.2</b>
	<b>%</b>	<b>7.2%</b>	<b>3.6%</b>	<b>84.6%</b>	<b>1.6%</b>	<b>1.4%</b>	<b>1.6%</b>	<b>100%</b>
							<b>Promedio mensual</b>	<b>143.1</b>

(\*) El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) aún no ha publicado la información referente al mes de diciembre 2014.  
Nota. Fuente: MINEM – Osinergmin. (2015).

Cerca del 9.1% de GLP producido por la empresa Pluspetrol Peru Corporation S.A. es destinado a la exportación y el 90.9% restante es destinado al consumo interno del país. Según la información publicada en la página web del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), las exportaciones de GLP entre los meses de enero a noviembre del 2014 fueron de 142.5 miles de toneladas de GLP. En la Tabla 2 se detallan las exportaciones mensuales de GLP para los meses de enero a noviembre del 2014.

*Tabla 2*

**Exportaciones mensuales de GLP (enero a noviembre 2014)**

AÑO	MES	Miles de Toneladas		
		PLUSPETROL	OTROS	TOTAL
2014	ene-14	-	3.4	3.4
	feb-14	22.0	1.6	23.6
	mar-14	-	2.6	2.6
	abr-14	0.1	2.7	2.8
	may-14	-	2.0	2.0
	jun-14	29.2	2.6	31.8
	jul-14	0.0	3.6	3.7
	ago-14	-	3.8	3.8
	sep-14	28.9	3.4	32.3
	oct-14	-	2.8	2.8
	nov-14	31.4	2.3	33.7
<b>SUMA</b>		<b>111.6</b>	<b>30.8</b>	<b>142.4</b>
		<b>Promedio mensual</b>	<b>13.0</b>	

Nota. Fuente: MINEM - Osinergmin, 2015.

La Figura 1 presenta la estructura de la cadena nacional de comercialización de GLP (sin considerar las Exportaciones).

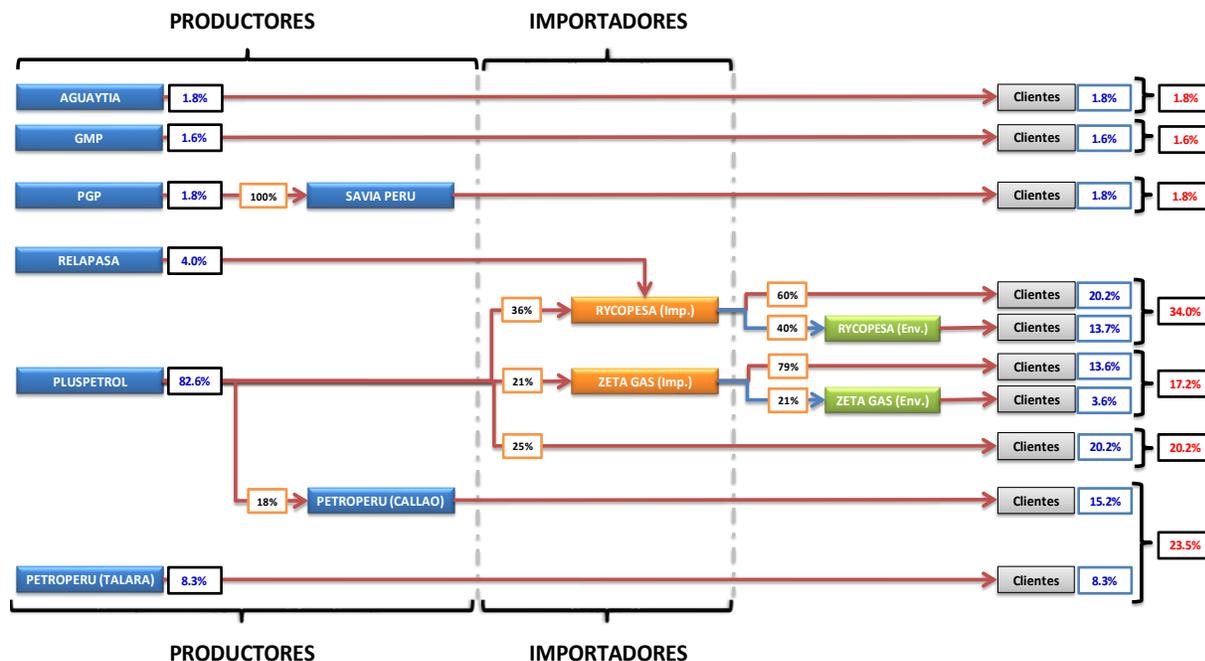


Figura 1. Diagrama de comercialización del mercado interno de GLP – Año 2014

Notas:

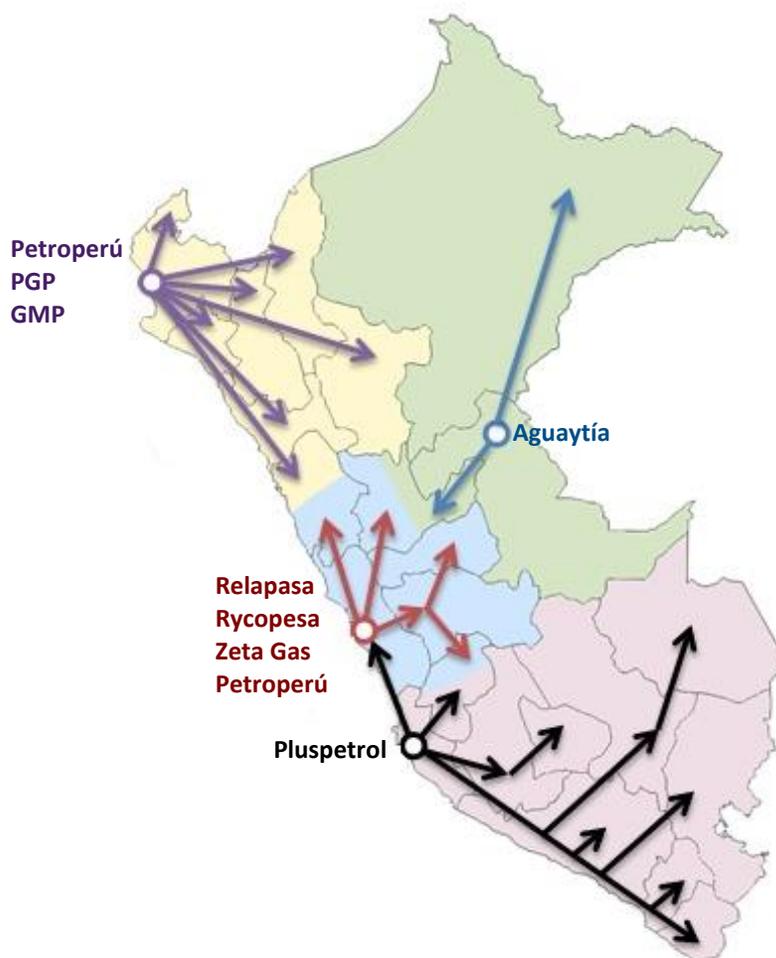
- i) Las Flechas de color rojo corresponden a transacciones comerciales de VENTA.
- ii) Las Flechas de color azul corresponden a las TRANSFERENCIAS efectuadas entre el Importador de GLP a su respectiva Planta Envasadora.
- iii) (Imp.): Importador de GLP.
- iv) (Env.): Planta Envasadora de GLP.
- v) Clientes: Plantas envasadoras, Distribuidores a Granel de GLP, Consumidores directos y Estaciones de servicios y/o Gasocentros.

Nota. Fuente: Osinergmin. Elaboración en base a información comercial del SCOP y del SPIC, 2015.

Las zonas hacia las cuales son destinados los despachos de GLP atendidos desde las plantas de abastecimiento son:

- La Zona Norte es abastecida principalmente por Petróleos del Perú S.A. (Refinería Talara), Procesadora de Gas Pariñas S.A.C. (PGP) y Graña y Montero Petrolera S.A. (GMP).
- La Zona Centro es abastecida por Pluspetrol Perú Corporation S.A., Refinería la Pampilla S.A.A. (Relapasa), Repsol YPF Comercial del Perú S.A. (Rycopesa), Zeta Gas y Petróleos del Perú S.A. (Terminal Vopak Perú)
- La Zona Sur es abastecida por Pluspetrol Perú Corporation S.A.
- La Zona de la Amazonía es abastecida por Aguaytía Energy del Perú S.R.L.

Cabe precisar que, el departamento de Lima es el principal demandante de GLP a nivel nacional y su principal abastecimiento lo realizan, a través de buques, las empresas Pluspetrol Peru Corporation S.A. y Petróleos del Perú S.A. (Refinería Talara).



Donde:  
 PGP: Procesadora de Gas Pariñas  
 GMP: Graña y Montero Petrolera  
 Relapasa: Refinería la Pampilla S.A.  
 Rycopesa: Repsol YPF Comercial del Perú S.A.

*Figura 2. Distribución de GLP a nivel nacional*  
 Nota. Fuente: Osinergmin (2015).

La Figura 3 muestra el flujo comercial de la demanda nacional de GLP para el año 2014.

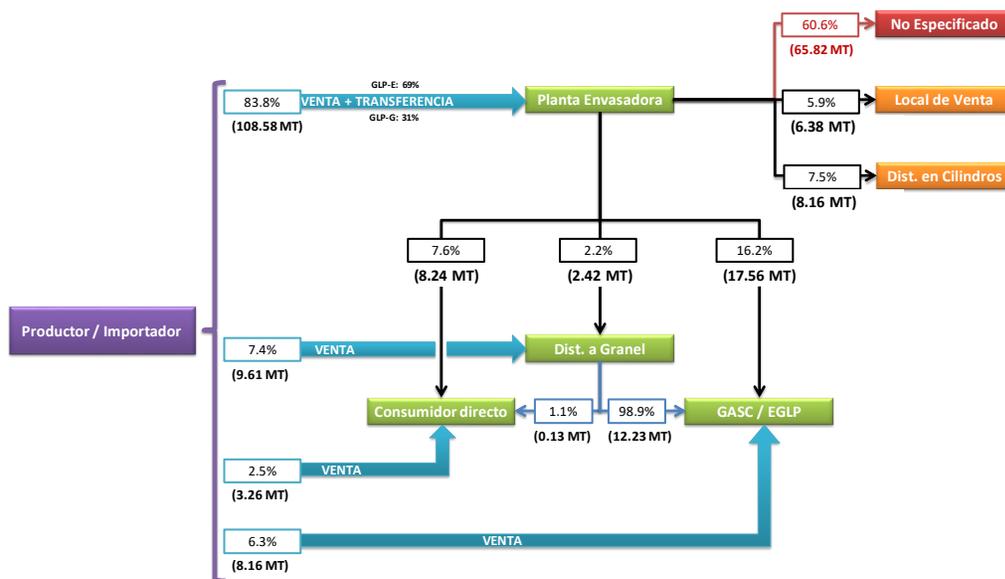


Figura 2. Flujo de comercialización de la demanda nacional de GLP (Promedio mensual año 2014)

Notas:

- i) Las Flechas de color negro corresponden a transacciones comerciales de VENTA.
  - ii) La Flecha de color rojo corresponde al 60.6% de la demanda nacional cuya demanda no se encuentra especificada por tipo de cliente.
  - iii) Las cantidades corresponden al promedio mensual del año 2014.
- Nota. Fuente: Osinermin. Elaboración en base a información comercial del SCOP y del SPIC (2015).

La evolución nacional del GLP del año 2008 al 2014 muestra las ventas efectuadas por los Productores e Importadores a nivel nacional adicionando las transferencias efectuadas por los Importadores de GLP a sus respectivas plantas envasadoras.

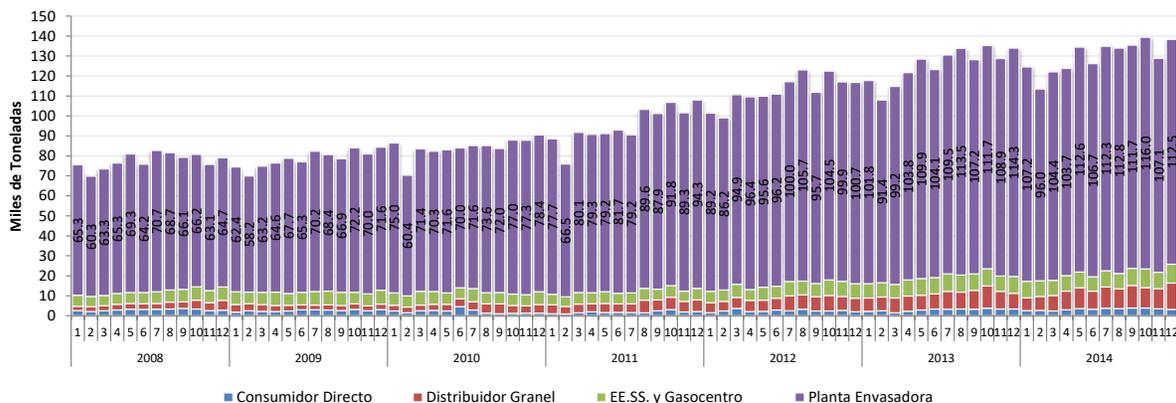


Figura 4. Demanda Nacional de GLP reportada por los Productores e Importadores

Nota. Fuente: Osinermin - SCOP, 2015.

En la Figura 5 se muestra el detalle de las ventas reportadas por las Plantas Envasadoras

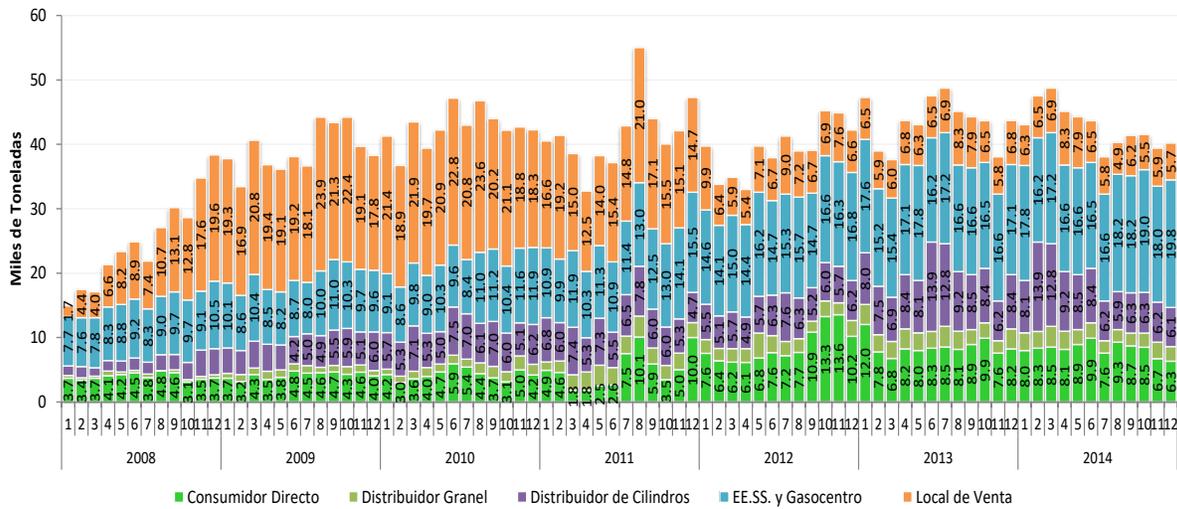


Figura 5. Ventas efectuadas por las Plantas Envasadoras

Nota. Fuente: Osinergmin - SCOP (2015).

La Figura 6 muestra el detalle de las ventas reportadas por los Distribuidores de GLP a Granel; al respecto, se indica que estas ventas están orientadas a satisfacer la demanda de las Estaciones de Servicio y/o Gasocentros.

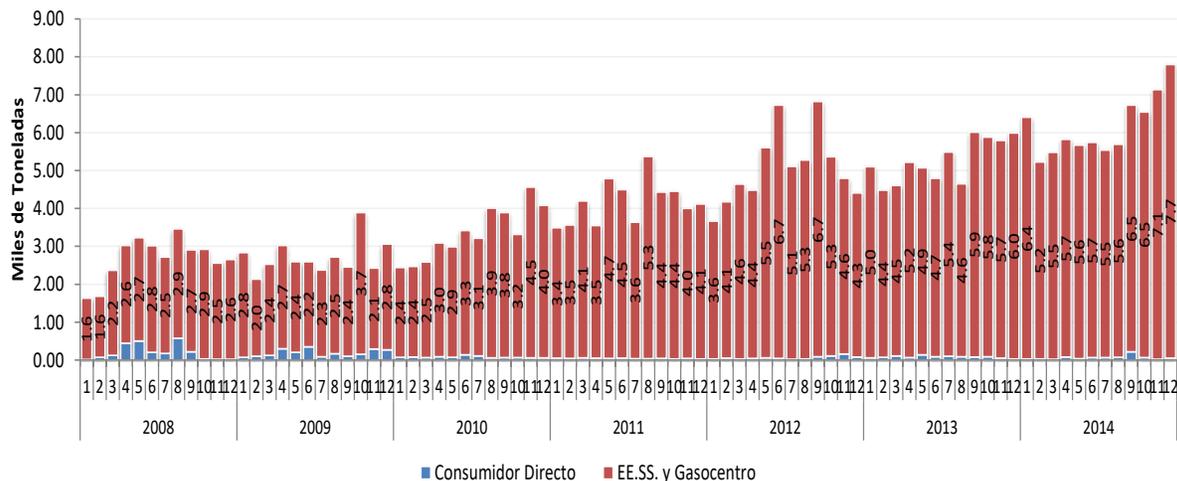
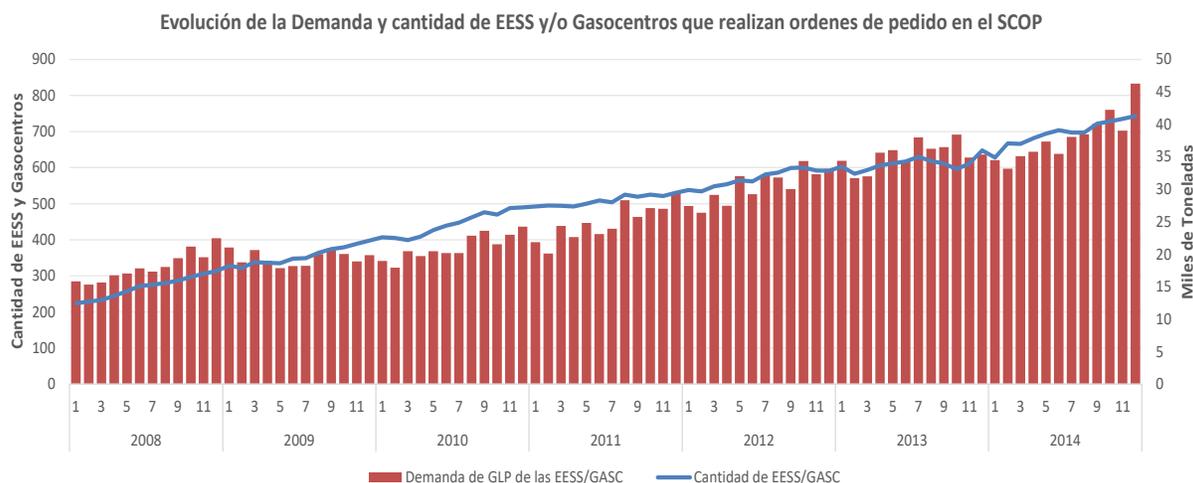


Figura 6. Ventas efectuadas por los Distribuidores a Granel

Nota. Fuente: Osinergmin - SCOP (2015).

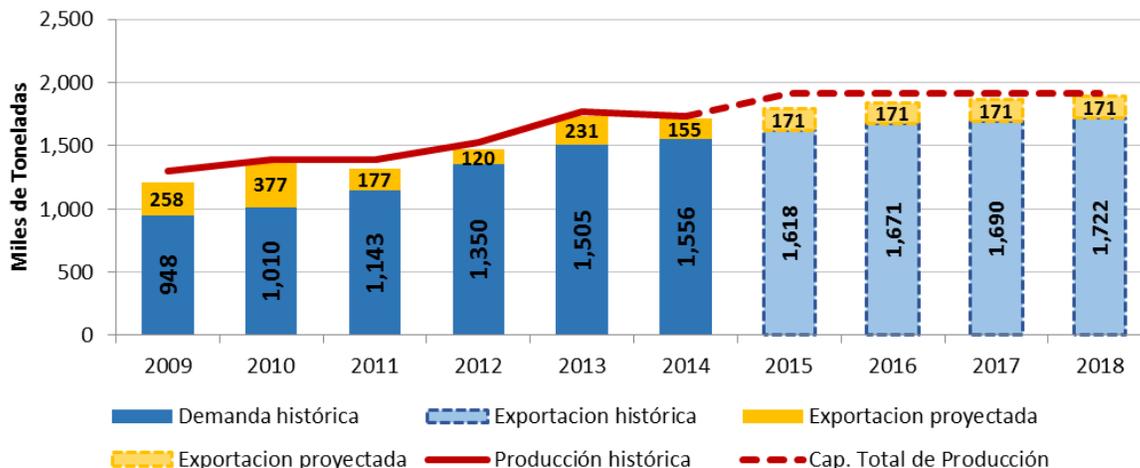
En la Figura 7 se muestra la evolución de la demanda de GLP de las Estaciones de Servicio y Gasocentros de GLP a nivel nacional, así como la cantidad mensual acumulada de Estaciones de Servicio y Gasocentros de GLP habilitadas para realizar transacciones comerciales en el SCOP GLP. Se aprecia que la demanda de las Estaciones de Servicio y Gasocentros de GLP presenta una tendencia ascendente, reflejado en el incremento del número de Estaciones de Servicio y Gasocentros.



**Figura 1. Evolución de la demanda de las Estaciones de Servicio y Gasocentros de GLP**

Nota. Fuente: Osinergmin – SCOP (2015).

La Figura 8 muestra las proyecciones estimadas para la demanda nacional de GLP dentro de los próximos 4 años, incluyendo las proyecciones para el caso de las exportaciones. Se estima que, para finales del año 2018, la demanda nacional proyectada incluyendo las exportaciones llegará a 1,900 miles de toneladas, cifra que podría coincidir con la capacidad de producción de GLP a nivel nacional.



**Figura 8. Producción de GLP vs la demanda proyectada de GLP a nivel nacional**

Nota: Para el caso de la Capacidad total de producción de GLP se considera las capacidades en las Plantas de fraccionamiento de Pluspetrol (Pisco), Aguaytía (Pucallpa), Graña y Montero Petrolera (Verdún) y Procesadora Gas Pariñas (Pariñas).

Nota. Fuente: Osinergmin – SCOP (2015).

Actualmente, el país cuenta con una capacidad instalada para el almacenamiento de GLP de 111.4 miles de toneladas y se cuenta con proyectos de ampliación por un total de 11.8 miles de toneladas extras. Asimismo, el transporte marítimo de GLP se realiza con los buques: Paracas (17.9TM), Buque Mar Pacífico (20.0TM) y Buque Santa Clara (3.9TM).

En relación a la capacidad de almacenamiento de GLP a nivel nacional, las Plantas de Venta, Plantas de Abastecimiento y Refinerías se encuentran ubicadas en los departamentos de Piura, Lima, Ica y Ucayali.

El Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo aprobado por Decreto Supremo N° 01-94-EM regula el aseguramiento del abastecimiento de GLP. Inicialmente, el artículo 8 del mencionado Reglamento, establecía que cada Planta de Producción y cada Importador de GLP tendrá la obligación de mantener una existencia media de GLP equivalente a quince (15) días de su venta promedio de los últimos seis (6) meses o de su importación promedio en el mismo lapso, según sea el caso. Este artículo fue modificado por Decreto Supremo N° 045-2010-EM; sin embargo, no permitía realizar de manera efectiva la supervisión del cumplimiento de la obligación de mantener las existencias medias que garanticen el abastecimiento de GLP. Por ello, la necesidad de realizar la modificación del

artículo 8 del Decreto Supremo N° 01-94-EM modificado por el Decreto Supremo N° 045-2010-EM.

Por otro lado, el Decreto Supremo N° 045-2010-EM otorgaba un plazo de adecuación para las Plantas de Abastecimiento de GLP que no cuenten con la capacidad de almacenamiento necesaria para el volumen adicional establecido en esta norma, el mismo que no debería exceder de dieciocho (18) meses. Los agentes que se encuentren obligados al cumplimiento del artículo y dispongan de la capacidad de almacenamiento y no cuenten con volumen suficiente para el cumplimiento de dicha obligación, contarían con un plazo de adecuación de sesenta (60) días calendarios. Además, el Decreto en mención señala que las Plantas de Producción y las Plantas de Abastecimiento deberán contar con facilidades de despacho para transporte terrestre suficiente para atender la demanda que pudiera producirse en casos de emergencia. Si es necesario ampliar sus facilidades de despacho esta deberá implementarse en un plazo máximo de un (01) año, contado desde la emisión del pronunciamiento de la DGH sobre las facilidades de despacho que cuentan actualmente.

De acuerdo a recientes acontecimientos de problemas de abastecimiento de GLP, el número de personas directamente afectadas por su escasez ha comprendido a los usuarios de GLP vehicular: mototaxistas, taxistas y propietarios particulares. Los de mayor afectación han sido, a la fecha, los dos primeros por ser fuentes de ingresos familiares. La afectación a las amas de casa, industria y comercio por GLP envasado ha sido mínima en cuanto a abastecimiento, pero en algunas regiones del país el precio de este producto se ha incrementado.

El nivel de severidad de los afectados no ha sido determinado formalmente debido a los actos de especulación desarrollados por algunos establecimientos de venta al público (gasocentros) y distribuidores de GLP a granel ante el riesgo de restricciones en el abastecimiento de este producto. La desinformación debida a la participación sistemática en diversos medios de representantes de asociaciones de plantas envasadoras difundiendo información incompleta ha elevado el grado de incertidumbre entre los usuarios finales de este producto lo cual ha contribuido a elevar el potencial catalítico de la desinformación desarrollando:

- a) el temor de la población y comercializadores al desabastecimiento, extendido al GLP envasado;
- b) el mayor aprovisionamiento ante el temor de la escasez, lo cual trae como consecuencia una demanda mayor a la normal constituyendo un factor que contribuye al desabastecimiento, la especulación y elevación del precio del GLP vehicular y envasado.

La Figura 9 muestra el diagrama de los grupos de interés involucrados en esta problemática; un breve análisis de este diagrama muestra que el grupo Empresas está directamente relacionado con el abastecimiento del combustible al agrupar a los productores, abastecedores, envasadores, distribuidores a granel y establecimientos de venta al público; un segundo grupo, el Estado, es responsable de asegurar que el abastecimiento se realice con normalidad y bajo el cumplimiento de la legislación que contempla la garantía de abastecimiento (stock de seguridad para casos de emergencia) y, finalmente, el tercer grupo es el que recibe el impacto directo de la falta de este combustible, al no encontrarlo en el mercado o encontrarlo a un precio mayor.

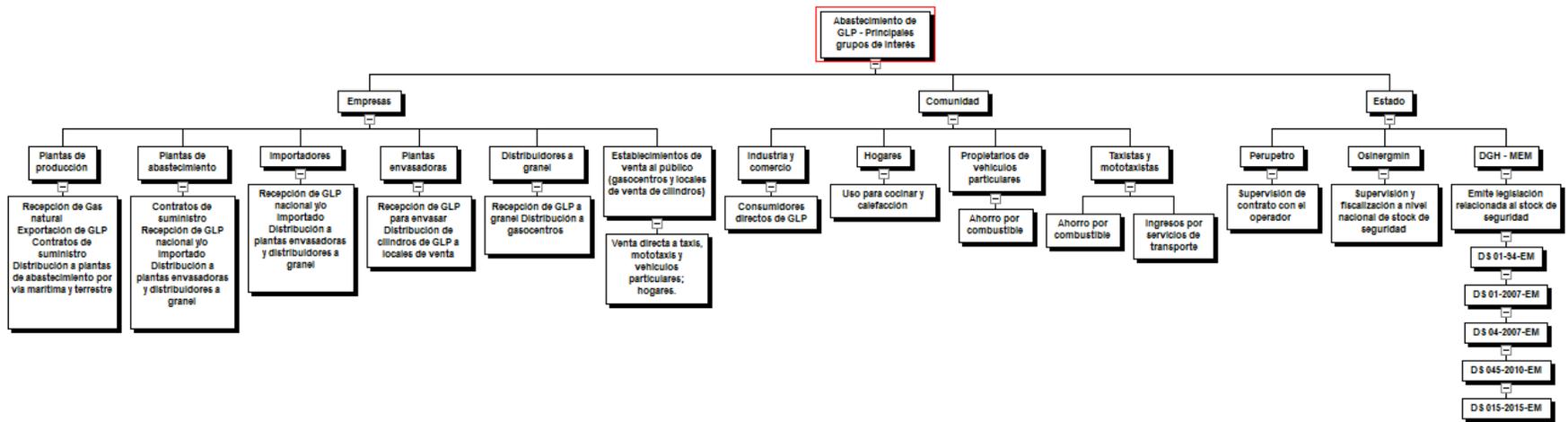
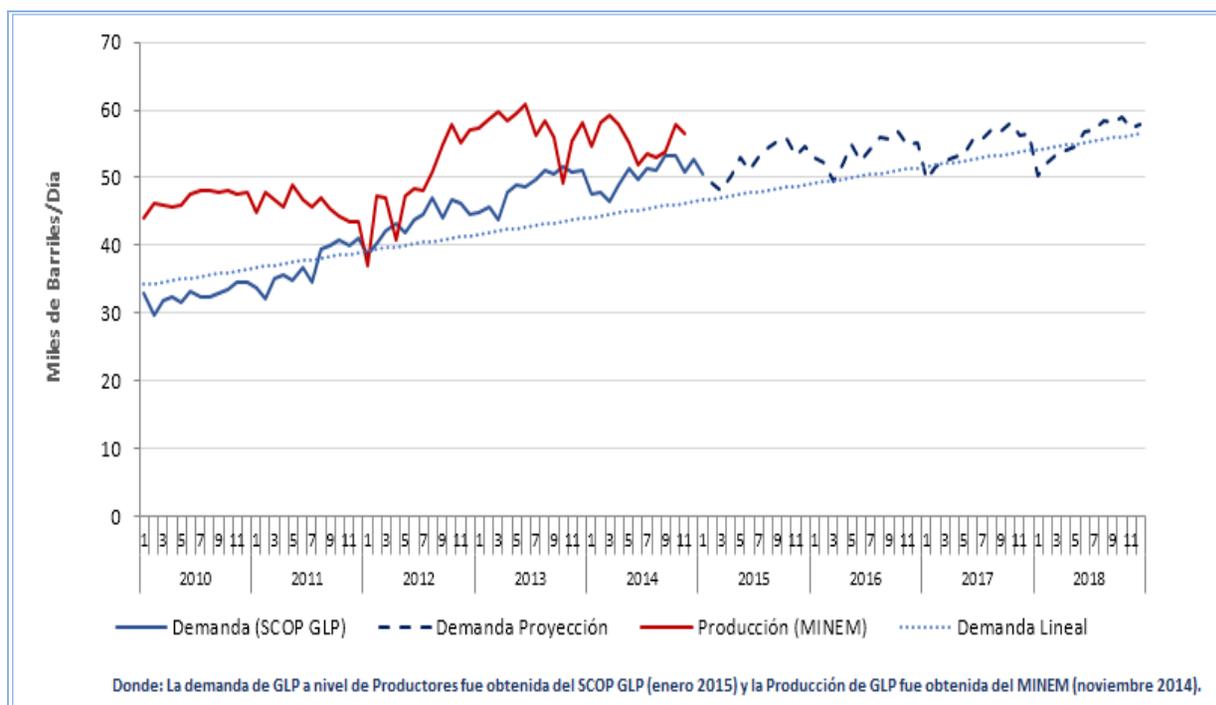


Figura 9. Árbol de pertinencias  
 Nota. Fuente: Elaboración propia

En virtud de lo expuesto, con base en los registros históricos proporcionados por el SCOP, ha sido posible pronosticar la tendencia futura respecto de la producción y la demanda de GLP. Así, la demanda nacional actual de GLP está en el orden de los 50 mil barriles por día (MBD), mostrando un crecimiento anual promedio del 10%; esto significa que se ha duplicado la demanda en los últimos siete años (2007 – 2014). El abastecimiento de la demanda local es atendido principalmente con el GLP producido en la Planta de Fraccionamiento de Líquidos de Gas Natural (LGN) de Pisco, cuya capacidad de procesamiento es de 120 Mil Barriles (MB). La planta produce, en promedio, 50 MBD.

Los Líquidos de Gas Natural son transportados por un ducto, con capacidad de transporte de 130 MB, desde la Planta de Separación de Malvinas ubicada en el departamento del Cusco. Observando la Figura 10, es posible notar que las proyecciones muestran que prácticamente la demanda nacional ya alcanzó la producción nacional y como tal, cualquier afectación en el normal suministro de los líquidos de gas natural influirá directamente en la producción de GLP por lo cual se requerirá acudir nuevamente a su importación.



**Figura 10. Evolución de la producción y demanda de GLP**

Nota. Fuente: SCOP Osinergmin (2015).

La Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos de Osinergmin propuso en el 2011 lo siguiente:

- La obligación de mantener existencias mínimas de seguridad de GLP equivalentes a 05 días del despacho promedio diario del año calendario anterior.
- Precisar los agentes obligados a mantener el nivel de existencias de GLP en una Planta de Abastecimiento.
- Ampliar los plazos de adecuación para incrementar la capacidad instalada en las Plantas de Abastecimiento de GLP.
- Definir el concepto de despacho de GLP.

Dado que la obligación de mantener existencias mínimas de seguridad de GLP no es suficiente para garantizar el abastecimiento del combustible a nivel nacional, resulta necesario exigir la construcción de facilidades de almacenamiento y despacho; asimismo, resulta necesario reponer existencias en Lima y Pisco a niveles aceptables de riesgo de suministro; fijar nivel de reservas GLP objetivo e incrementar las existencias medias actuales así como promover el libre mercado para el abastecimiento y despacho de GLP. Por otro lado, establecer que el organismo supervisor pueda dictar las normas reglamentarias que resulten necesarias para asegurar que el país cuente con un aprovisionamiento continuo de GLP y Combustibles Líquidos, pudiendo establecer las excepciones correspondientes, que satisfagan el abastecimiento del mercado interno.

Con estas medidas es posible que se pueda afrontar el reto de disponer de una mayor oferta de GLP, cuya demanda crece constantemente. Al respecto, debe considerarse el incluir medidas que promuevan la conversión de la demanda del GLP al gas natural.

Finalmente, la importancia del mercado del GLP requiere realizar el seguimiento de su desarrollo en igual medida de los combustibles líquidos; por ello, sería conveniente asignar esta función a alguna instancia que coordine el abastecimiento y despacho a nivel nacional.

### **A.2.3 Factores clave de cambio**

Los siguientes factores de cambio afectan directamente el abastecimiento de GLP a nivel nacional.

1. Suministro de gas natural
2. Rotura del ducto de gas natural seco
3. Rotura del ducto de líquidos de gas natural
4. Desplazamiento de tierras
5. Inundación por crecida del Río Camisea
6. Importación de GLP
7. Exportación de GLP
8. Precio de Paridad de Importación de GLP
9. Precio de referencia de GLP
10. Contratos con el operador
11. Contratos de suministro
12. Legislación vigente referida a existencias medias y mínimas de seguridad
13. Stock de seguridad de GLP
14. Capacidad de almacenamiento de GLP
15. Medios de transporte marítimo y terrestre
16. Plantas de producción de GLP
17. Plantas de abastecimiento de GLP
18. Sistemas de despacho de GLP
19. Demanda de GLP
20. Descarga a terminal
21. Cierre de puertos
22. Oleajes anómalos
23. Fenómeno del Niño y la Niña.

#### **A.2.4 Análisis estructural. Matriz de impacto cruzado**

El objetivo del Análisis Estructural identificar las principales variables que ejercen influencia y son dependientes, así como aquellas variables que son esenciales para la evolución del sistema. M. Godet y J.C. Duperrin (Godet, 2007) desarrollaron el método estructural MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación) el mismo que busca analizar de manera cualitativa las relaciones entre las variables que componen un sistema dentro de una empresa, organización, sociedad, país u otro. El método se sustenta en el juicio de expertos y/o actores que forman parte del sistema.

Las diferentes fases del método MICMAC de acuerdo a Godet (1997) son las siguientes:

Fase 1: listado de las variables del sistema,

Fase 2: la descripción de relaciones entre variables del sistema, y

Fase 3: la identificación de variables clave y sus categorías e interpretación.

A modo de ejemplo, el método ha sido aplicado para analizar la situación del abastecimiento de GLP a nivel nacional, de manera que se han identificado 23 variables. Asimismo, se ha considerado la participación de seis expertos: cinco de ellos, jefes de las unidades directamente involucradas en la problemática y un asesor legal, todos conocedores de la normativa relacionada y de la situación del mercado de GLP. La pregunta que se les hizo fue: ¿existe una relación de influencia directa entre la variable *i* y la variable *j*? Si la respuesta fue negativa, se anotó 0; en el caso contrario, se preguntó si esta relación de influencia directa es, débil (1), mediana (2), fuerte (3) o potencial (P) de acuerdo a Godet (2007). La Tabla 3 muestra la lista de variables y su descripción.

Tabla 3.  
*Lista de variables*

N°	ETIQUETA	NOMBRE CORTO	DESCRIPCION
1	Suministro de gas natural	SUMGN	Se refiere al suministro de gas natural producido en los pozos de Camisea
2	Rotura de ducto de GN	RODUCGN	Se refiere a la rotura de los ductos de gas natural que va desde los pozos de producción a la planta de separación y de la planta de separación a la planta de licuefacción de Pampa Melchorita
3	Rotura ducto de LGN	RODUCLGN	Se refiere a la rotura del ducto de los líquidos de gas natural que viene de la planta de separación de Malvinas a la planta de fraccionamiento de Pisco
4	Desplazamiento de tierras	DESPTIE	Se refiere al fenómeno natural de desplazamientos de tierras que pueden mover el ducto y causar su rotura
5	Inundación crecida de río	INUND	Se refiere a la inundación producida por la crecida del río Camisea que puede dejar al descubierto el ducto y aumentar el riesgo de causar roturas en el mismo
6	Importación GLP	IMPORT	Se refiere a la importación de GLP que debe realizarse al no haber la suficiente producción de GLP que abastezca la demanda nacional
7	Exportación de GLP	EXPORT	Se refiere a la exportación que se realizar por existir excedentes de GLP en la producción nacional o por existir un mayor precio en el mercado internacional que induzca a su venta en el exterior en desmedro del abastecimiento de la demanda nacional
8	Precio paridad de importación GLP	PPIGLP	Se refiere al precio de venta en el mercado internacional para la importación de GLP
9	Precio de referencia GLP	PRECREP	Se refiere al precio sugerido por el organismo supervisor
10	Contrato con operador	CONTOPE	Se refiere a los términos del contrato del operador con el Estado para el procesamiento de gas natural
11	Contratos de suministro	CONTSUM	Se refiere al contrato de suministro entre el productor de GLP y las plantas de abastecimiento
12	Legislación existencias medias y mínimas de seguridad	LEGIS	Se refiere a las existencias medias y mínimas de seguridad que deben mantener las plantas de abastecimiento para casos de emergencia
13	Stock de seguridad	STOCK	Se refiere a la norma que establece la obligatoriedad de mantener existencias medias y mínimas de GLP como stock de seguridad para casos de emergencia
14	Capacidad de almacenamiento	CAPALM	Se refiere a la capacidad de almacenamiento de GLP que deben tener las plantas de abastecimiento y que incluyen el stock de seguridad
15	Medios de transporte: marítimo, terrestre	MEDTRANS	Se refiere a los medios de transporte marítimo y terrestre que se utilizan para abastecer la demanda de GLP a nivel nacional
16	Plantas de producción	PLAPRO	Se refiere a las plantas que producen GLP en el territorio nacional
17	Plantas de abastecimiento	PLABAST	Se refiere a las plantas de abastecimiento que abastecen de GLP a las plantas envasadoras y distribuidores a granel, a nivel nacional
18	Sistemas de despacho	SISDES	Se refiere a los sistemas de despacho de las plantas de abastecimiento
19	Demanda GLP	DEMAN	Se refiere a la cantidad de GLP que se consume a nivel nacional

N°	ETIQUETA	NOMBRE CORTO	DESCRIPCION
20	Descarga a terminal	DESCART	Se refiere a la cantidad de GLP, nacional o importado, que se descarga de buques,
21	Cierre de puertos	CIERRE	Se refiere a la condición establecida por DICAPI por existencia de oleaje anómalo fuerte
22	Oleajes anómalos	OLEAJE	Se refiere a la existencia de oleaje anómalo, que puede presentarse débil, moderado o fuerte y causar el cierre de puertos en todo el litoral
23	Fenómeno del Niño y la Niña	NIÑO-A	Se refiere a la existencia de los fenómenos que puede influir en la generación de oleaje anómalo

Nota. Fuente: Elaboración propia

La Figura 11 muestra el Plano de Influencia y Dependencia, cuya interpretación permite identificar las variables motrices o dependientes. La disposición de estas variables en el plano permite una cierta clasificación.

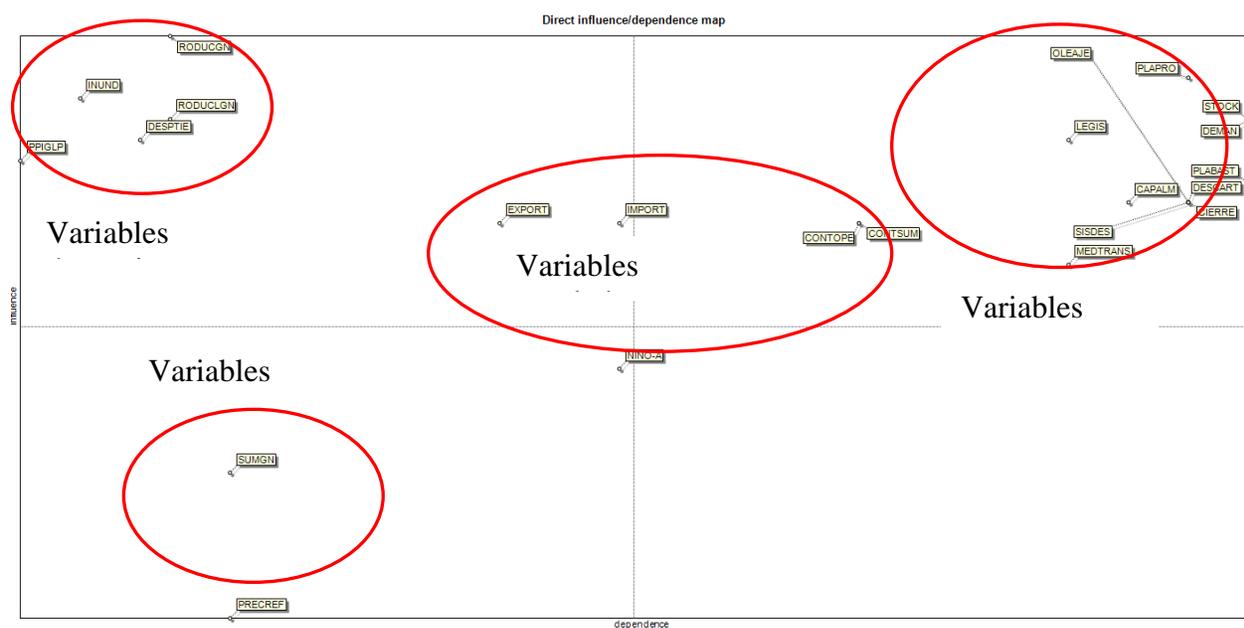


Figura 11. Plano de Influencia y Dependencia

Nota. Fuente: Resultado del MICMAC

En la Figura 11 se puede observar 4 categorías (círculos) de variables formadas de acuerdo al resultado del MICMAC. Así, se puede realizar una reflexión sobre el análisis de las categorías definidas por el método y sus supuestos. De esta manera, se encuentra las siguientes variables:

**a) Variables Determinantes.** Se ubican en la zona superior izquierda del plano de influencia y dependencia, son las variables que podrían convertirse en el periodo analizado en frenos o motores del sistema. Es decir, podrían ser propulsoras o inhibidoras del sistema. La idea es que sean propulsoras y determinen las conductas que el sistema requiere para una evolución positiva (Garza y Cortez, 2011).

- Rotura ducto de gas natural
- Rotura ducto de líquidos de gas natural
- Inundación
- Precio paridad de importación
- Desplazamiento de tierras

**b) Variables Entorno.** Son las variables con escasa dependencia del sistema, se encuentran en la zona media de la parte izquierda del plano de influencia y dependencia. La idea es que complementen el sistema agregando valor. (Garza y Cortez, 2011). No se presentaron en este estudio de investigación.

**c) Variables Reguladoras.** Son las variables situadas en la zona central del plano de influencia y dependencia; son las que permiten alcanzar el cumplimiento de las variables clave y determinan el buen funcionamiento del sistema en condiciones normales. Garza y Cortez (2011) sugieren evaluar de manera consistente y con frecuencia periódica estas variables.

- Importaciones
- Exportaciones
- Contrato con operador
- Contrato de suministro
- Fenómeno del Niño(a)

**d) Palancas Secundarias.** En el plano de influencia y dependencia se ubican debajo de las reguladoras. Son las variables complementarias a las variables reguladoras. Si se actúa sobre ellas, podría permitir la evolución de las variables reguladoras, las que a su vez afectarían la

evolución de las variables clave. (Garza y Cortez, 2011). No se presentaron en el estudio de investigación.

e) **Variables Objetivo.** Son las variables que se ubican en la parte central, a la derecha en el plano de influencia y dependencia. Son muy dependientes y de motricidad media, de ahí que pueden tratarse como objetivos dado que se puede influir en ellas para que su evolución sea la que se desea (Garza y Cortez, 2011). No se presentaron en el estudio de investigación.

f) **Variables Clave.** Son las variables que se encuentran en la zona superior derecha del plano de influencia y dependencia; se denominan también variables reto del sistema. Son muy motrices y dependientes, perturban el funcionamiento normal del sistema. Por naturaleza son inestables y se corresponden con los retos del sistema; es decir, continuamente deben tener retos que propicien el cambio del sistema a un nivel óptimo. (Garza y Cortez, 2011).

- Demanda
- Planta de producción
- Planta de abastecimiento
- Legislación
- Stock de seguridad
- Sistema de despacho
- Capacidad de almacenamiento
- Medio de transporte
- Oleaje anómalo
- Cierre de puertos
- Descarga a terminal

g) **Variables Resultado.** Son variables que se caracterizan por su baja motricidad y alta dependencia; se encuentran en la zona inferior derecha del plano de influencia y dependencia y suelen ser, junto con las variables objetivo, indicadores descriptivos de la evolución del sistema. Son variables que se abordan a través de las que dependen en el sistema; requieren un

seguimiento y monitoreo estrecho que permita verificar la efectividad del sistema en general. (Garza y Cortez, 2011). No se presentaron en el estudio de investigación.

**h) Variables Autónomas.** Son variables poco influyentes o motrices y poco dependientes, se corresponden con tendencias pasadas, inercias del sistema o están desconectadas de él. En el plano de influencia y dependencia, se encuentran en la zona inferior izquierda. No constituyen parte determinante para el futuro del sistema. (Garza y Cortez, 2011).

- Precio de referencia
- Suministro de gas natural

#### **A.2.5 Impactos cruzados probabilistas. Método Smic Prob-Expert**

Dentro de los métodos de prospectiva se encuentra los métodos de impactos cruzados probabilistas, los mismos que determinan las probabilidades simples y condicionadas de hipótesis o eventos, así como las probabilidades de sus combinaciones considerando las interacciones entre los eventos y/o hipótesis. El uso de estos métodos permite identificar los escenarios más probables además de examinar las combinaciones de hipótesis que, desde un inicio, podrán ser excluidas.

Es posible resumir de forma general cómo se quisiera que fuera el futuro del abastecimiento de GLP a nivel nacional, entonces se pudiera decir “Que la capacidad de almacenamiento de GLP en las plantas de abastecimiento es la suficiente para cumplir con el stock mínimo de seguridad y atender la demanda nacional”. Para lograr esto, se ha considerado plantear que sería necesaria la ocurrencia de los siguientes eventos o hipótesis, teniendo presente que las condiciones actuales propician el suceso de otros que limitan los escenarios deseables esperados.

A partir de la combinación de las variables clave se ha construido cuatro eventos que dan lugar a las siguientes hipótesis:

H<sub>1</sub>: Las plantas de producción cubren el 100% de la demanda nacional de GLP.

H<sub>2</sub>: Las plantas de abastecimiento cumplen con la obligación de mantener el stock mínimo de seguridad establecido por la legislación vigente

H<sub>3</sub>: Las plantas de abastecimiento cuentan con sistemas de despacho que permiten la atención simultánea de gran número de medios de transporte terrestre de GLP.

H<sub>4</sub>: La capacidad de almacenamiento de las plantas de abastecimiento es la suficiente para afrontar los problemas de descarga en los terminales debido al cierre de puertos por oleaje anómalo severo

Las preguntas que se realizaron a los expertos son las siguientes:

<p>H<sub>1</sub>: Las plantas de producción cubren el 100% de la demanda nacional de GLP.</p>	<p>No es probable <input type="radio"/></p> <p>Ligeramente probable <input type="radio"/></p> <p>Bastante probable <input type="radio"/></p> <p>Probable <input type="radio"/></p> <p>Muy probable <input type="radio"/></p>
<p>H<sub>2</sub>: Las plantas de abastecimiento cumplen con la obligación de mantener el stock mínimo de seguridad establecido por la legislación vigente</p>	<p>No es probable <input type="radio"/></p> <p>Ligeramente probable <input type="radio"/></p> <p>Bastante probable <input type="radio"/></p> <p>Probable <input type="radio"/></p> <p>Muy probable <input type="radio"/></p>
<p>H<sub>3</sub>: Las plantas de abastecimiento cuentan con sistemas de despacho que permiten la atención simultánea de gran número de medios de transporte terrestre de GLP.</p>	<p>No es probable <input type="radio"/></p> <p>Ligeramente probable <input type="radio"/></p> <p>Bastante probable <input type="radio"/></p> <p>Probable <input type="radio"/></p> <p>Muy probable <input type="radio"/></p>
	<p>Esto es lo suficientemente importante para causar un impacto en el abastecimiento de GLP vehicular</p>

H <sub>4</sub> : La capacidad de almacenamiento de las plantas de abastecimiento es la suficiente para afrontar los problemas de descarga en los terminales, debido al cierre de puertos por oleaje anómalo severo	No es probable	<input type="radio"/>
	Ligeramente probable	<input type="radio"/>
	Bastante probable	<input type="radio"/>
	Probable	<input type="radio"/>
	Muy probable	<input type="radio"/>

Nota. Fuente: Elaboración propia

La asignación de probabilidades, de 0 a 1, ha sido la siguiente:

No es probable	0.00
Ligeramente probable	0.25
Bastante probable	0.50
Probable	0.75
Muy probable	1.00

Estas cuatro hipótesis dan lugar a 16 combinaciones posibles, aplicando la fórmula  $2^N$  donde N es el número de hipótesis o eventos que se van a combinar y dos porque estos aparecerán en un sistema binario de 1 y 0, según la hipótesis se afirme (1) o se niegue (0). Quedaría:  $2^4=2 \times 2 \times 2 \times 2=16$ .

Posteriormente cada experto dio su criterio sobre la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos dentro de una escala que iba de 0 a 1, donde cero indica la mayor improbabilidad y 1 uno la certeza absoluta, teniendo en cuenta esto, cada uno desde su grupo determinó:

- 1ro: La probabilidad de aparición de cada evento, llamada probabilidad simple.
- 2do. La probabilidad de aparición de un evento si se realiza otro.
- 3ro. La probabilidad de aparición de un evento si no se realiza otro.

Estas dos últimas son denominadas probabilidades condicionales. Los valores de probabilidad emitidos por cada uno de los expertos fueron procesados por el programa, el cual se encargó de mostrar los resultados finales. Al ejecutar el programa se obtuvieron los valores de

probabilidad para cada uno de los eventos, por experto; es decir, los valores intermedios y, por último, los valores generales, que son los que se analiza.

El SMIC permite clasificar por orden decreciente de probabilidad los escenarios de cada grupo de expertos; mediante ese ordenamiento y siguiendo la regla de Pareto, los escenarios se dividen en dos grupos. En el primero están aquellos cuya probabilidad fluctúa alrededor del 80% y en el segundo, el de los escenarios improbables, el 20% restante.

El primer grupo se denominará de escenarios alternos, ya que sólo uno de ellos se realizará en el futuro, de manera que los restantes tienen solamente una función exploratoria. El escenario más probable lleva también el nombre de referencial, ya que corresponde al más citado por los expertos. El segundo grupo involucra escenarios de difícil realización, los cuales se caracterizan por tener probabilidades muy bajas o nulas. Los resultados finales se muestran a continuación, para una mejor comprensión de estos.

El grupo de expertos determinó la composición de los escenarios según la clasificación anteriormente mencionada. Esta lista, mostrada en la Tabla 4, está ordenada de manera decreciente, a partir del que obtuvo el más alto valor de probabilidad.

Tabla 4.  
*Composición de escenarios*

No. del Evento	Escenario	Probabilidades
16	0000	0.526
2	1110	0.181
8	1000	0.169
4	1100	0.039
1	1111	0.029
6	1010	0.023
13	1100	0.017
9	1110	0.016
3	1011	0
5	1101	0
10	0110	0
7	1001	0
11	1010	0
12	0100	0
14	0010	0
15	1000	0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.  
*Escenarios alternos.*

No. del Evento	Escenario	Probabilidades
16	0000	0.526
2	1110	0.181
8	1000	0.169

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.  
*Escenarios improbables.*

No. del Evento	Escenario	Probabilidades
4	1100	0.039
1	1111	0.029
6	1010	0.023
13	1100	0.017
9	1110	0.016

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.  
*Escenarios imposibles*

No. Del Evento	Escenario	Probabilidades
3	1011	0
5	1101	0
10	0110	0
7	1001	0
11	1010	0
12	0100	0
14	0010	0
15	1000	0

Nota. Fuente: Elaboración propia

El conjunto de escenarios alternos está compuesto por tres escenarios (16, 2, 8) que son los que tienen los más altos valores de probabilidad, estos valores representan una probabilidad acumulada de 87.6%; el conjunto de los escenarios improbables está constituido por 5 de ellos, representando el 12.4 % restante; y, finalmente, los escenarios imposibles, cuya probabilidad es cero, son los últimos 8. Estos escenarios son los de menor probabilidad de ocurrencia.

Por tanto, con una probabilidad de un 52.6% se puede prever que la situación del abastecimiento de GLP corresponderá al escenario 16 (0000), el escenario referencial.

#### **A.2.6 Conclusiones del análisis prospectivo**

1. Este resultado indica que existe alta improbabilidad de que se cumpla cualquiera de las 4 hipótesis establecidas, lo que podría deberse a:
  - Las plantas de producción no podrán cubrir el 100% de la demanda nacional de GLP debido a la falta de suministro de líquidos de gas natural por limitaciones en la producción de gas natural.
  - Las plantas de abastecimiento no podrán cumplir con el stock mínimo de seguridad si no se producen cambios en la normatividad vigente.
  - Las plantas de abastecimiento no incrementarán sus sistemas de despacho que permita la atención de mayor número de medios de transporte terrestre de GLP si no existe mayor capacidad de almacenamiento en las plantas.

- Debido al cierre de puertos por oleaje anómalo severo, la capacidad de almacenamiento de las plantas de abastecimiento debe incrementarse para afrontar los problemas de descarga en los terminales, lo cual hace necesario un cambio normativo.
2. Debe evaluarse otras alternativas de aprovisionamiento de GLP, como:
- Importación de GLP
  - Almacenamiento flotante
  - Transporte por ducto desde la planta de fraccionamiento de Pisco
  - Incremento de plantas de abastecimiento distribuidas a nivel nacional

### **A.2.7 Recomendaciones**

Extender este análisis con un número más grande tanto de hipótesis analizadas, así como de expertos encuestados a fin de tener un mejor ajuste en los resultados.