

UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES  
CENTRO INTERNACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA PARA EL  
DESARROLLO SOSTENIBLE  
CINPE

MAESTRÍA EN POLÍTICA ECONÓMICA

**ANÁLISIS COSTO-EFECTIVIDAD DE LA INTRODUCCIÓN DEL GAS NATURAL  
EN EL SECTOR TRANSPORTE E INDUSTRIA COMO COMBUSTIBLE DE  
TRANSICIÓN EN COSTA RICA**

IVANNIA MARÍA BOLAÑOS HERRERA

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador de la Maestría en Política Económica para optar por el grado de Magíster Scientiae en Política Económica con énfasis en Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica.

HEREDIA, COSTA RICA

FEBRERO, 2025

## **MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR**

Dr. José Vega Baudrit  
Representante del Consejo Central de Posgrado

Ph.D. Suyen Alonso Ubieta  
Coordinador del posgrado o su representante

MSc. Marco Otoy Chavarría  
Tutor de tesis

Ph.D. Leiner Vargas Alfaro  
Miembro del Comité Asesor

M.Sc. Jimmy Fernández Zúñiga  
Miembro del Comité Asesor

## Tabla de contenido

RESUMEN EJECUTIVO .....	ix
EXECUTAVY SUMMARY .....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I. CONTEXTO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Antecedentes .....	2
Justificación .....	6
Planteamiento del problema .....	9
Objetivos de la investigación.....	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO- METODOLÓGICO .....	12
2.1. Marco Teórico.....	12
2.2 Marco Metodológico .....	27
2.2.1 Enfoque de Investigación.....	27
2.2.2 Alcance .....	27
2.2.3 Objeto de estudio.....	28
2.2.4 Método.....	29
2.2.4.1 Revisión bibliográfica .....	29
2.2.4.2 Análisis de Múltiples Criterios (AMC) .....	29
2.2.4.3 Costo-Efectividad .....	31
2.2.5 Fuentes.....	32
2.2.6 Instrumentos de recolección de información .....	32
2.2.7 Alcances y limitaciones .....	38
2.2.8 Cuadro de operacionalización.....	38
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	41
3.1 <b>Experiencia Internacional en el uso del gas natural</b> .....	41
3.2 <b>Barreras y limitaciones dentro de la institucionalidad costarricense</b> .....	66
3.3 Costo-efectividad del gas natural .....	92
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	113
REFERENCIAS .....	118
ANEXOS.....	125

## Figuras

<b>Figura 1.</b> Latinoamérica y el Caribe: Blance Energético 2021 .....	4
--	---

<b>Figura 2.</b> Costa Rica: Evolución en el consumo de energía secundaria por sector. En terajulios. ....	9
<b>Figura 3.</b> Costa Rica: Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por sector .....	9
<b>Figura 4.</b> Diagrama de relaciones teóricas .....	12
<b>Figura 5.</b> Cadena de valor del gas natural.....	17
<b>Figura 6. Sistema cerrado vs. Sistema abierto</b> .....	19
<b>Figura 7.</b> Mapa analítico para el análisis costo-efectividad.....	38
<b>Figura 8.</b> México: Importaciones de gas natural totales y provenientes de los Estados Unidos, 2005-2018. En millones de pies cúbicos diarios.....	42
<b>Figura 9.</b> Henry Hub: precio spot del gas natural, 1997-2020 (En dólares por millón de Btu).....	43
<b>Figura 10.</b> México: Análisis cualitativo de la contribución y dinámicas del gas natural ....	46
<b>Figura 11.</b> Colombia: Tarifa a los usuarios residenciales por estrato (diciembre de 2021). Factura en COP por mes. ....	48
<b>Figura 12.</b> Colombia: Tarifa a usuarios no residenciales (diciembre de 2021). Factura en COP por mes.....	49
<b>Figura 13.</b> Panamá: Análisis cualitativo sobre su experiencia en el uso de gas natural...	52
<b>Figura 14.</b> República Dominicana: Análisis cualitativo, relevancia de los códigos en la experiencia del gas natural .....	54
<b>Figura 15.</b> Perú: Evolución del ahorro monetario al trasladarse a gas natural en cada uno de los sectores.....	58
<b>Figura 16.</b> Perú: Frecuencia por código en el análisis cualitativo del gas natural .....	60
<b>Figura 17.</b> Resumen Marco Institucional del sector energía en términos generales y del Gas Natural .....	73
<b>Figura 18.</b> Mapa de Actores del sector de energía costarricense .....	74
<b>Figura 19.</b> Modelo de telaraña: Análisis de Movilidad Sostenible .....	78
<b>Figura 20.</b> Consumidores potenciales de gas natural en Costa Rica, según los stakeholders de los grupos focales .....	91
<b>Figura 21.</b> AMC, resumen de las barreras, dificultades y oportunidades que identifican los actores en la introducción del gas natural .....	92

## Tablas

<b>Tabla 1.</b> Actores del proceso de entrevistas .....	34
<b>Tabla 2.</b> Principales hallazgos en la experiencia internacional de los 5 países en estudio .....	64
<b>Tabla 3.</b> Matriz de decisión para AMC .....	76
<b>Tabla 4.</b> Demanda estimada por producto del 2025 al 2035, metros cúbicos .....	94
<b>Tabla 5.</b> Porcentaje de sustitución por producto según la demanda estimada.....	95
<b>Tabla 6.</b> Volúmenes por producto sustituido en metros cúbicos .....	96
<b>Tabla 7.</b> Estimación de costos, isocontenedores e infraestructura asociada a estos .....	98
<b>Tabla 8.</b> Estimación de costos, isocontenedores e infraestructura fija .....	98
<b>Tabla 9.</b> Comparación de Precio Terminal de GNL con respecto al GLP, Búnker y Diésel 50 con y sin impuesto, en colones por litro y en mega julios por litro .....	100
<b>Tabla 10.</b> Factor de emisión de dióxido de carbono, por combustible.....	101
<b>Tabla 11.</b> Costo Evitado de las emisiones de CO2 en los escenarios 1 y 2.....	104
<b>Tabla 12.</b> Costo Evitado de las emisiones de CO2 en los escenarios 3 y 4.....	105

## Gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Razones por las que aún no se ha planteado un combustible de transición en Costa Rica para cumplir las metas del plan nacional de descarbonización (en porcentajes) .....	82
<b>Gráfico 2.</b> Opciones posibles para ser un combustible de transición energética en Costa Rica (en porcentajes).....	82
<b>Gráfico 3.</b> Viabilidad del gas natural como combustible de transición en Costa Rica (en porcentajes) .....	83
<b>Gráfico 4.</b> Factores legales que limitan que el gas natural sea una realidad en Costa Rica (en porcentajes).....	83
<b>Gráfico 5.</b> Factor económico que limita que el gas natural sea una realidad en Costa Rica (en porcentajes).....	84
<b>Gráfico 6.</b> Factor ambiental que limita que el gas natural sea una realidad en Costa Rica (en porcentajes).....	85
<b>Gráfico 7.</b> Factor social que limita que el gas natural sea una realidad en Costa Rica (en porcentajes) .....	86
<b>Gráfico 8.</b> Iniciativas que podrían tener mayor impacto para promover la viabilidad del gas natural en Costa Rica (en porcentajes).....	87
<b>Gráfico 9.</b> Principal razón que podría generar dudas en la adopción del gas natural en los sectores de transporte e industrial en Costa Rica (en porcentajes). 87	
<b>Gráfico 10.</b> Maneras en que pueden contribuir las políticas gubernamentales a superar los obstáculos para la adopción del gas natural en Costa Rica (en porcentajes) .....	88
<b>Gráfico 11.</b> Tecnología o práctica innovadora que debería liderar los esfuerzos para hacer más viable el gas natural en Costa Rica (en porcentajes) .....	89
<b>Gráfico 12.</b> Lecciones de otros países que han logrado una transición exitosa hacia el gas natural que podrían ser aplicables en Costa Rica (en porcentajes) ...	89
<b>Gráfico 13.</b> Aspectos que deben ser fortalecidos para impulsar el gas natural en Costa Rica a través de la educación y la colaboración internacional (en porcentajes) .....	90
<b>Gráfico 14.</b> Energía y volumen de GNL por tipo de producto a sustituir (en MJ y M3) .....	97
<b>Gráfico 15.</b> Estimación de emisiones de CO2 por escenario en Kg de CO2 .....	103

## **Agradecimientos**

Inicialmente quiero agradecerle a mi tutor, Marco Otoya, sin su apoyo, profesionalismo, guía y consejo invaluable, esta investigación no hubiera sido materializada. Quiero agradecerle al programa docente del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE) por estos dos años de formación y aprendizaje en cada uno de los cursos de la malla curricular del posgrado, especialmente a los profesores de los cursos de taller de tesis. Gracias a la profesora Suyen Alonso, Fernando Sáenz, Marco Otoya y Randall Arce por sus aportes en la consolidación de esta tesis.

También agradezco al CINPE por su apoyo para mi asistencia a la X Conferencia Internacional sobre Decrecimiento y la XV Conferencia de la Sociedad Europea de Economía Ecológica (ESEE) para presentar parte de los resultados de la investigación que culminó en este trabajo.

A mis lectores, Jimmy Fernández y Leiner Vargas por su tiempo y dedicación en darme retroalimentación al leer cada página y así permitirme finalizar un documento más robustecido.

Agradezco sinceramente a cada uno de los entes gubernamentales, empresas privadas, consultores, y personas en general quienes me dieron parte de su tiempo para asistir a grupos focales o para ser entrevistados a propósito de tener una visión más clara, real y contundente de la situación energética del país según sus criterios de experto.

Y finalmente, me auto agradezco, por haber sido capaz de demostrarme que pese a las situaciones adversas que pueda atravesar, si creo en Dios y en mí misma, y me lo propongo, puedo superar los obstáculos y cumplir mis metas.

## **Dedicatoria**

A Dios por ser mi guía, mi soporte y quien me ha dado la resiliencia para afrontar las adversidades de la vida. Y por ser el verdadero autor de mi vida y por tanto, también de esta tesis.

A mis padres, por apoyarme en todas mis decisiones y amarme tanto.

A Andrés, por caminar conmigo a lo largo de este tiempo, por su paciencia y dulzura.

A Julio, por ser mi superhéroe desde niña.

A la Ivannia de la escuela que siempre soñó con llegar un día a ser máster.

## **Abreviaturas**

**ACE:** Análisis Costo-Efectividad  
**AEEGRA:** Asociación de Equipos Especiales a Granel  
**AMC:** Análisis de Múltiples Criterios  
**ARESEP:** Autoridad Reguladora de Servicios Públicos  
**ASOMOVE:** Asociación de Movilidad Eléctrica  
**BCIE:** Banco Centroamericano de Integración Económica  
**BID:** Banco Interamericano de Desarrollo  
**CFE:** Comisión Federal de Electricidad  
**CINPE:** Centro Internacional en Política Económica  
**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de Carbono  
**COA:** Costo de Adquisición  
**GNL:** Gas Natural Líquido  
**ICE:** Instituto Costarricense de Electricidad  
**IMN:** Instituto Meteorológico Nacional  
**IU:** Impuesto único  
**IVA:** Impuesto al Valor Agregado  
**MINAE:** Ministerio de Ambiente y Energía  
**PEMEX:** Petróleos Mexicanos  
**PI:** Punto de Inflexión  
**PIB:** Producto Interno Bruto  
**PPCN:** Programa País Carbono Neutralidad  
**ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible  
**ONU:** Organización de las Naciones Unidas  
**RECOPE:** Refinadora Costarricense de Petróleo  
**SENER:** Secretaría de Energía de México

## RESUMEN EJECUTIVO

El cambio climático y la urgente necesidad de descarbonizar las economías han puesto a la transición energética como una prioridad global. Costa Rica, aunque líder en generación eléctrica renovable, enfrenta importantes retos en sectores como transporte e industria, que continúan siendo grandes emisores de GEI. En este contexto, el gas natural se presenta como una alternativa estratégica para diversificar la matriz energética y reducir las emisiones de forma inmediata, mientras se desarrollan tecnologías más sostenibles.

Este estudio realiza un análisis costo-efectividad para evaluar la viabilidad de introducir el gas natural como combustible de transición en Costa Rica. Se abordan aspectos económicos y ambientales, y se emplean metodologías avanzadas como el Análisis de Múltiples Criterios (AMC), el Análisis Costo-Efectividad (ACE) y estudios de casos internacionales. Los resultados destacan que, pese a que las emisiones de GEI se reducen significativamente al sustituir combustibles como el diésel, el búnker y el GLP por Gas Natural Licuado, en materia de costos y precios este no es lo suficientemente competitivo. Además, se destaca que en la actualidad existen barreras que impiden que el gas natural sea un combustible de transición en el corto plazo.

La investigación concluye que, bajo las condiciones actuales, no es viable que el gas natural sea una fuente de transición energética, esto se valida a través de lo observado en la experiencia internacional, en la discusión con actores dentro de la política energética del país y finalmente, en el análisis costo-efectividad. Al finalizar la investigación se brindan recomendaciones de políticas energéticas orientadas a potenciar la inversión y el estudio de fuentes renovables de energía que apoyen una transición basada principalmente en electricidad, pero a partir de fuentes renovables; además de aprovechar la infraestructura del GLP. Este documento pretende ser una herramienta clave para los tomadores de decisiones, aportando información sólida para diseñar un futuro energético más sostenible y resiliente en Costa Rica.

**Palabras clave:** costo-efectividad, desarrollo sostenible, gas natural, transición energética.

## EXECUTIVE SUMMARY

Climate change and the urgent need to decarbonize economies have made the energy transition a global priority. Costa Rica, despite being a leader in renewable electricity generation, faces significant challenges in sectors such as transportation and industry, which remain major greenhouse gas (GHG) emitters. In this context, natural gas emerges as a strategic alternative to diversify the energy matrix and immediately reduce emissions while more sustainable technologies are developed.

This study conducts a cost-effectiveness analysis to evaluate the feasibility of introducing natural gas as a transitional fuel in Costa Rica. It addresses economic and environmental aspects and employs advanced methodologies such as the Marginal Abatement Cost (MAC), the Average Cost-Effectiveness (ACE), and international case studies. The results highlight that while GHG emissions are significantly reduced by replacing fuels such as diesel, bunker, and LPG with LNG, in terms of costs and prices, it is not sufficiently competitive. Furthermore, the study underscores that numerous barriers currently prevent natural gas from being a viable transitional fuel in the short term.

The research concludes with energy policy recommendations aimed at promoting investment and the exploration of renewable energy sources that support a transition primarily based on electricity derived from renewables. This document seeks to serve as a key tool for decision-makers, providing robust information to design a more sustainable and resilient energy future for Costa Rica.

**Keywords:** cost-effectiveness, energy transition, natural gas, sustainable development.

# INTRODUCCIÓN

La transición energética global representa uno de los desafíos más relevantes del siglo XXI, impulsada por la necesidad urgente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mitigar los efectos del cambio climático. En este contexto, el gas natural emerge como un combustible de transición estratégico, debido a su menor impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles y su capacidad para complementar fuentes de energía renovable.

Costa Rica, conocida por su liderazgo en el uso de energías renovables, enfrenta desafíos significativos en su sector transporte e industrial, que aún dependen predominantemente de hidrocarburos. A pesar de sus avances en generación eléctrica limpia, el país se encuentra en un punto crítico para diversificar su matriz energética y avanzar hacia un desarrollo sostenible que cumpla con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Esta investigación se propone analizar la viabilidad del gas natural como combustible de transición en Costa Rica, enfocándose en aspectos económicos y ambientales. Mediante un análisis costo-efectividad (ACE), se busca proporcionar información relevante para la formulación de políticas públicas que impulsen una transición energética eficiente y sostenible. Además, este trabajo representa un esfuerzo pionero en el análisis socioeconómico y ambiental del gas natural en el país, integrando metodologías avanzadas como el Análisis de Múltiples Criterios (AMC) y considerando la experiencia internacional en el uso de este recurso.

La presente investigación se estructura en cinco capítulos, organizados de manera que permitan comprender de forma integral el desarrollo del estudio. El capítulo 1 establece el contexto general de la investigación, proporcionando una revisión de los antecedentes que fundamentan el estudio, así como la justificación que resalta su relevancia. Además, se plantea el problema de investigación y se definen los objetivos que guían el análisis.

En el capítulo 2, se desarrolla el marco teórico y metodológico, el cual sirve de base para la investigación. En esta sección se exponen los enfoques teóricos y conceptuales que sustentan el estudio, así como la metodología empleada para la recopilación y análisis de la información. El capítulo 3 presenta los resultados de la investigación, organizados en función de los tres primeros objetivos planteados. En una primera sección, se examina la experiencia internacional en el uso del gas natural, proporcionando un panorama sobre las prácticas adoptadas en distintos contextos. Posteriormente, se aborda la discusión en torno

a la gobernanza y el marco institucional que está alrededor del tema del uso del gas natural en el país, destacando los principales actores, normativas involucradas, así como las barreras y limitaciones existentes en materia institucional. Finalmente, se desarrolla un análisis de costo-efectividad, con el propósito de evaluar la viabilidad económica y ambiental de esta fuente de energía en el contexto nacional.

En los últimos capítulos se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio. El capítulo 4 sintetiza los hallazgos más relevantes y reflexiona sobre sus implicaciones, mientras que el capítulo 5 expone recomendaciones orientadas a la toma de decisiones y el diseño de políticas en el ámbito energético.

# **CAPÍTULO I. CONTEXTO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Antecedentes**

Desde la era industrial, la actividad humana ha desencadenado transformaciones significativas en el sistema climático, lo cual ha generado discusión en diversos foros y reuniones alrededor del mundo sobre el fenómeno del cambio climático, entre los que destacan la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992, el Protocolo de Kyoto en 1995, el Acuerdo de París en el 2015, la Cumbre del Clima en el 2019, así como las distintas Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climáticos (COP) y los informes de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).

La Revolución Industrial marcó un punto de inflexión, pues fue en ese momento cuando se produjo un drástico incremento en la emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente como resultado del uso masivo de combustibles fósiles (Organización de las Naciones Unidas, 2023, par.2). Los combustibles fósiles se han consolidado como la principal fuente de energía en la mayoría de las economías, siendo responsables de alrededor de la mitad de las emisiones generadas por la industria y aproximadamente un tercio de las emanadas por el sector energético (Eggleston et al. (Ed.), 2006, p.10).

El cambio climático, según el IPCC (1990), alude a una "alteración identificable del clima, respaldada por análisis estadísticos, que se manifiesta tanto en cambios en su media como en su variabilidad, y que se mantiene durante décadas o más" (p.188). De forma paralela, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (1992) lo describe como el "desplazamiento climático que, ya sea directa o indirectamente, resulta de la intervención humana, afectando la composición atmosférica global y que complementa las fluctuaciones naturales observadas en periodos similares" (p.3). En otras palabras, se refiere a las fluctuaciones en el comportamiento climático, particularmente en la temperatura, generadas por intervenciones humanas, con consecuencias en ecosistemas y el entorno. Desde el ángulo económico, el cambio climático podría ser visto como una repercusión adversa derivada de los procesos de producción y de consumo.

El artículo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) define gases de efecto invernadero (GEI) como "aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja" (p. 5). Más adelante, el Protocolo de Kyoto (1997) amplió esta definición

al incluir sustancias como los perfluorocarbonos (PFC), el hexafluoruro de azufre (SF6) y los hidrofluorocarbonos (HFC), destacando su relevancia en el fenómeno del cambio climático.

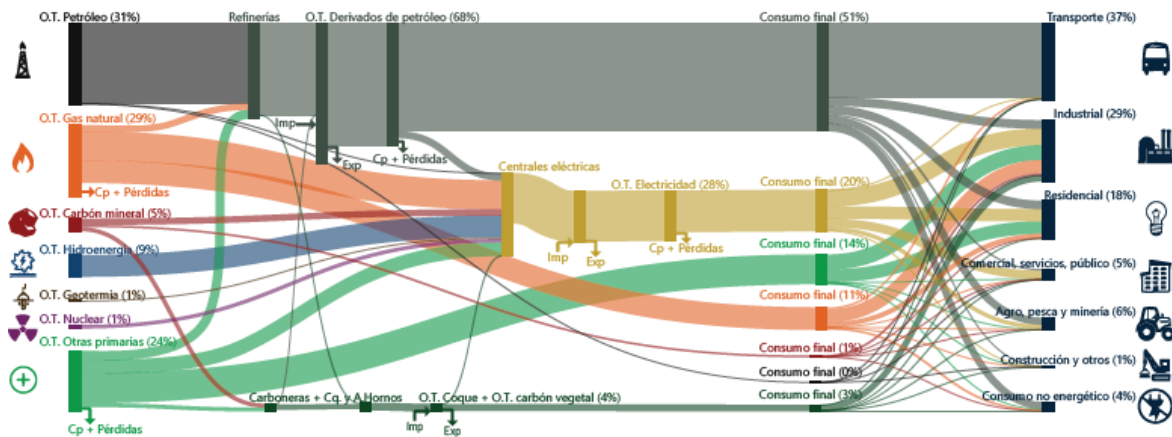
El análisis de los GEI resulta crucial al tratar la transición energética, ya que estas emisiones son una consecuencia directa de las actividades económicas, particularmente de aquellas que dependen de fuentes de energía fósil. A nivel global, los sectores más contaminantes en términos de emisiones de GEI son el transporte y la generación de electricidad, cada uno con aproximadamente el 25% de las emisiones totales, seguidos por el sector industrial con un 21%, el sector comercial y residencial con un 13%, y finalmente, la agricultura, con un 11% (International Energy Agency [IEA], 2023).

En cuanto al consumo de energía primaria, alrededor del 25% corresponde a energía eléctrica. Según datos recientes, en 2021 el 77% de la energía eléctrica global fue producida por fuentes fósiles, mientras que las fuentes renovables, como la hidroeléctrica, la biomasa, la solar y la eólica, contribuyeron con un 20% del total, reflejando un progreso, aunque aún limitado, hacia la descarbonización (REN21, 2022).

El escenario latinoamericano y del Caribe no dista mucho de lo que ocurre a nivel global. Según datos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) (2021), la oferta energética en la región de América Latina y El Caribe creció 2.44 veces en 50 años, donde en 1970 la oferta total era de 2.28 mil millones de barriles equivalentes de petróleo de los cuales el 75% estaba conformado por energía primaria no renovable, mientras que para 2020 la oferta total se incrementó a 5.15 mil millones de barriles equivalentes, de los cuales el 66% estaba compuesto por energía no renovable. Es decir, si bien la oferta de energía renovable ha aumentado en 33% de 1971 al 2020, persiste un 35% de energía no renovable dentro de la oferta total de energía.

La figura 1 muestra el diagrama Sankey del balance energético de América Latina y El Caribe para el 2021. En dicha figura se evidencia que el 51% de la matriz energética para consumo final en Latinoamérica proviene de la oferta total del petróleo. Además, se observa que, de ese consumo final de petróleo, casi un 37% se dirige al sector transporte, siendo el sector con mayor consumo dentro de la matriz energética de la región, seguido por el sector industrial y residencial con un 29% y 18%, respectivamente.

**Figura 1. Latinoamérica y el Caribe: Bance Energético 2021**



Nota: Los insumos de Otras primarias a Refinerías, hace referencia a los centros de transformación destilerías u otros centros (plantas de biodiésel), siendo las salidas etanol o biodiésel.

Fuente: OLADE, 2022, p.61

En el contexto de la transición energética, el gas natural ha emergido como un combustible transitorio estratégico debido a su menor impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles. Este recurso, considerado menos contaminante, se está promoviendo como una solución temporal hasta que tecnologías como las baterías, el hidrógeno verde y otros desarrollos sostenibles puedan asumir un rol predominante en la matriz energética.

En Centroamérica, el 54% del consumo de energético se basa en fuentes fósiles, lo que ha llevado al Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) a diseñar una estrategia para los países del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) orientada a potenciar el uso del gas natural. EL BCIE (2021) propone,

“(…) de todas las fuentes firmes de energía primaria (de origen fósil) utilizadas para generación eléctrica, el gas natural es el menos contaminante, por lo cual, es el combustible más apropiado para apoyar la transición energética hasta que las baterías, el hidrogeno verde y otros futuros desarrollos puedan proveer energía (…)” (p.1).

El Salvador es uno de los países que ha adoptado esta estrategia. A finales de 2021, inició un ambicioso programa de pruebas para su innovador proyecto de generación de energía eléctrica. Este proyecto ejemplar incluye la instalación de una moderna planta con capacidad para generar 378 MW de energía, basada en el uso de gas natural como combustible fósil menos contaminante (OLADE, 2022, p. 19).

Aunque las economías globales se han comprometido a reducir drásticamente el uso de combustibles fósiles en su matriz energética para alcanzar la neutralidad de carbono hacia el 2050, el gas natural sigue siendo relevante en el corto y mediano plazo como una solución transitoria. Esto se debe a varias razones:

1. **Menor impacto ambiental comparado con otros combustibles fósiles:** El gas natural genera menores emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por unidad de energía producida en comparación con el carbón o el petróleo, lo que lo convierte en una opción menos contaminante.
2. **Flexibilidad y estabilidad energética:** Este recurso ofrece una fuente confiable de generación eléctrica que puede complementarse con las energías renovables, cuya disponibilidad depende de factores climáticos.
3. **Facilitador de la transición energética:** El gas natural permite reducir las emisiones mientras se desarrollan e implementan tecnologías más sostenibles, como el hidrógeno verde, el almacenamiento en baterías a gran escala y otras innovaciones necesarias para descarbonizar completamente el sistema energético.

En el caso de Centroamérica, donde las economías aún dependen en gran medida de fuentes fósiles, el gas natural representa un paso intermedio estratégico hacia la sostenibilidad. Además, su adopción puede contribuir a mejorar la competitividad energética de la región, asegurando un suministro estable y diversificado mientras se avanza en la integración de tecnologías renovables más limpias y accesibles.

Hace aproximadamente siete años, Costa Rica adquirió compromisos derivados del Acuerdo de París, enfocados en la búsqueda de medidas de mitigación, adaptación al cambio climático y la disminución de emisiones que lleven a una descarbonización de la economía. Aunque ha logrado generar la mayor parte de su electricidad mediante fuentes renovables, todavía existe una significativa dependencia de hidrocarburos en los demás sectores e incluso, en momentos en los que las fuentes renovables no alcanzan el 100% de la generación de la electricidad. (Programa Estado de la Nación [PEN], 2021, p.196) Este aspecto representa un obstáculo para el avance hacia una matriz energética más sostenible y amigable con el medio ambiente.

Con base en lo anterior, esta investigación tiene como objetivo analizar la viabilidad de incorporar el gas natural en la matriz energética costarricense, considerando aspectos económicos, financieros y ambientales. El propósito es evaluar su potencial como

combustible de transición en los sectores de transporte e industria, que representan los mayores consumidores de energía en el país.

En este contexto, un combustible de transición se define como una solución intermedia en el proceso hacia sistemas energéticos más sostenibles y libres de emisiones de carbono. Este tipo de combustible se caracteriza por ser menos contaminante que otros fósiles tradicionales, como el carbón o el petróleo, y por contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mientras se desarrollan y adoptan tecnologías renovables a gran escala.

## **Justificación**

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, han marcado un hito en la formulación de política económica y pública de los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas que la suscribieron. En el marco de esta investigación, los ODS 7 y 13 son particularmente relevantes. El ODS 7 plantea la importancia de garantizar el acceso a energía asequible, segura, sostenible y moderna, mientras que el ODS 13 insta a tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos.

En el caso de Costa Rica, algunos indicadores asociados a estos objetivos evidencian desafíos significativos. Aproximadamente, el 44% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del país provienen del sector transporte, y un 18% corresponde al sector industrial (MINAE, 2020). Además, alrededor del 70% de la energía primaria consumida en Costa Rica tiene origen en fuentes fósiles (OLADE, 2022).

Ante este panorama, el gas natural se presenta como una alternativa estratégica para avanzar hacia los objetivos planteados por los ODS. Al ser menos contaminante que otros combustibles fósiles como el carbón o el petróleo, su incorporación en la matriz energética nacional podría contribuir significativamente a la reducción de emisiones de GEI en los sectores clave. Asimismo, permitiría al país ganar tiempo mientras se desarrollan e implementan tecnologías renovables y sostenibles a gran escala, alineándose con los compromisos climáticos y de sostenibilidad de la Agenda 2030.

Al revisar la literatura, se encuentra la pertinencia teórica de este estudio, debido a que hay escasas investigaciones del tema en el país. Los estudios identificados sobre gas natural en el país son los siguientes:

- a) Estudio de suministro de gas natural desde Venezuela y Colombia a Costa Rica y Panamá, Rodríguez (2002).
- b) Perfil de Proyecto: Terminal de Importación De Gas Natural Licuado. Departamento de Formulación de Proyectos, RECOPE (2012).
- c) Estudio de prefactibilidad técnico y financiero para evaluar la conveniencia de una terminal de importación de gas natural licuado en las cercanías del puerto de Moín, Limón, Acuña (2014).
- d) Diseño mecánico del sistema de trasiego y selección de la tecnología de almacenamiento para una terminal de importación costera de gas natural licuado (GNL) en Costa Rica, Acuña et al. (2014)

Además de los estudios anteriores, la literatura que trata el tema del gas natural que se ubica en el país corresponde a algunos informes y noticias en medios digitales (periódicos a través de columnas de opinión) e instituciones como el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Esta última debido a la normativa N° 42747-MINAE que establece toda la legislación sobre “el establecimiento de las condiciones técnicas para la importación, transporte, distribución y comercialización de gas natural licuado para sustituir el búnker en uso industrial y comercial” (Ley 42747, 2023) de la cual se referirá con más detalle más adelante en esta investigación.

La literatura que se puede encontrar sobre el tema de gas natural en el país es escasa, y además en ninguna se estudia el tema social y ambiental, únicamente hace énfasis en la viabilidad financiera e ingenieril. Por esto surge la necesidad de realizar un estudio que además de analizar si la opción de introducir el gas natural es eficiente, también analice los efectos positivos y/o negativos que le puede generar al país en el ámbito social y también que analice los efectos ambientales que puede tener su uso. Por lo tanto, este trabajo pretende ser pionero en el análisis socioeconómico y ambiental, utilizando metodologías de valoración ambiental, en el país, desde los enfoques de la economía ecológica, ambiental y de recursos naturales.

La propuesta tiene una pertinencia metodológica, debido a que, la literatura antes citada no ha contemplado ninguna metodología en la parte ambiental; como si lo ha hecho autores como: Belmont et al (2004), Saldarriaga et al (2011), García et al (2013) y Mitrica (2023), que han implementado dentro de sus investigaciones metodologías ambientales como el análisis costo efectividad (la cuál será utilizada en esta propuesta) o costo beneficio, en el uso de gas natural en Colombia, México y Rumania.

Se considera un análisis pionero que tome en cuenta las perspectivas de distintos actores, a través de una técnica de corte ambiental con actores públicos, privados y sociales sobre la introducción de gas natural. Siguiendo una de las líneas de investigación futura sugerida por Acuña (2014) en la que resalta la necesidad de continuar con los estudios de factibilidad, se toma en consideración mantener conversaciones con autoridades de gobierno y con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) para obtener un compromiso de demanda que permita viabilizar el uso del gas natural a los sectores transporte e industrial. Esto bajo la perspectiva de un proyecto país que tiene como objetivo diversificar la matriz energética nacional y extender el análisis de la viabilidad del GNL como combustible alternativo.

Una última contribución que realiza esta tesis es la pertinencia social al estudiar los costos y efectividad sociales que podrían ser generados a través de una fuente de energía menos contaminante, como se señaló en los antecedentes. Para ello se requiere evaluar, en términos socioeconómicos y ambientales, la posibilidad de introducir el gas natural en la matriz energética de Costa Rica con el fin de brindar un documento base para la creación de recomendaciones de política energética en el país, que sirva como fuente de transición en el sector transporte e industrial, permitiendo así buscar posibles oportunidades de alcanzar los ODS a los que Costa Rica se comprometió, reducir la emisiones de GEI y garantizar una transición energética sostenible social, ambiental y económicamente viable.

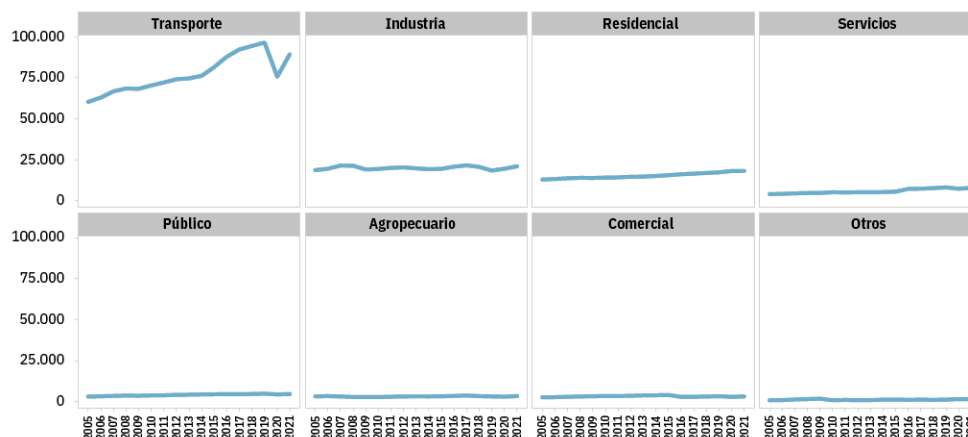
Finalmente, se espera que la presente investigación brinde información a los actores económicos e institucionales locales y regionales, proporcionándoles un sólido punto de partida para la creación de innovadoras iniciativas y políticas energéticas. Asimismo, aspira a convertirse en un documento de referencia esencial para los hacedores de política costarricense, guiándolos en la toma de decisiones y en la formulación de propuestas con respecto a la diversificación de la matriz energética.

El estudio por realizar va a ser un análisis costo-efectividad de la introducción del gas natural como fuente de transición para su uso en el sector transporte. El interés por realizar este estudio nace como una motivación de brindar recomendaciones de política energética alineadas a temas de carácter socioeconómico y ambiental que se encuentran alrededor de los compromisos que ha realizado Costa Rica.

## Planteamiento del problema

En Costa Rica, el sector transporte es el que posee un mayor nivel de consumo de energía (González, 2022), sobresaliendo de forma abrupta de los demás sectores, tal como se puede verificar en la figura 2.

**Figura 2.** Costa Rica: Evolución en el consumo de energía secundaria por sector. En terajulios.

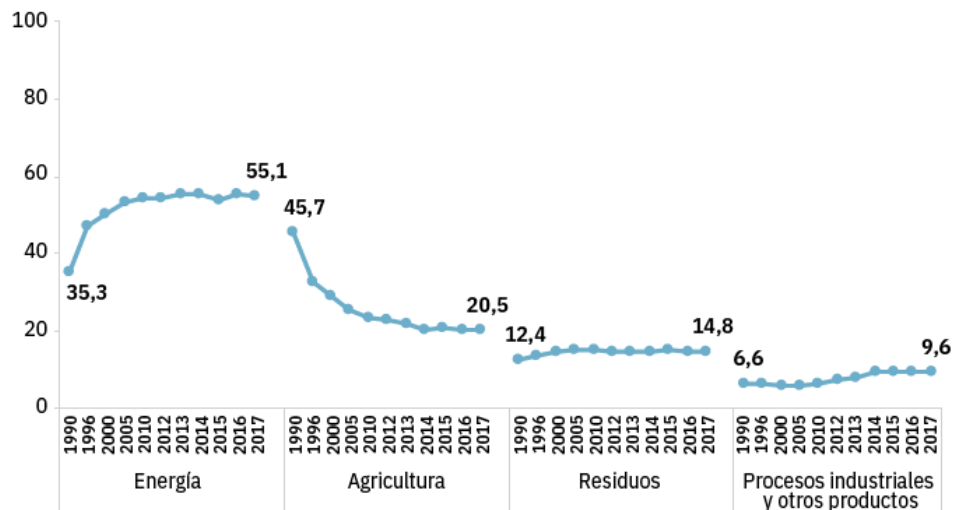


Fuente: Tomado de Estado de La Nación (2022, p.197).

Como se observa, solo en el año 2020, el consumo de energía en el sector transporte disminuyó, debido al confinamiento provocado por la pandemia del Covid-19 que obligó al menor uso de vehículos. (Fernández, 2021, p.21)

Aunado a lo anterior, la mayor parte de la flota vehicular costarricense utiliza combustión de diésel o gasolina. Tal como se menciona en el Informe del Estado de la Nación (2022), “la mayor proporción del parque automotor es de combustión: 81,5% de gasolina y 18% de diésel para el 2021” (p.198). Lo que da como resultado que tan sólo un 0.5% de la flota utilice tecnologías más limpias como los vehículos eléctrico e híbridos. Por su parte, las emisiones de CO2 se ven en aumento debido a factores como el crecimiento poblacional y el crecimiento económico, el cuál causa una mayor quema de combustibles fósiles. La figura 3 muestra el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero según sector.

**Figura 3.** Costa Rica: Emisiones de gases de efecto invernadero por sector ( en porcentajes)



Fuente: Tomado de Informe Estado de La Nación, 2022, p.199.

Se confirma nuevamente que el sector energía es el que emite la mayor cantidad de GEI. Sin embargo, se aprecia que, a excepción del sector de agricultura, la tendencia de emisiones de GEI es creciente en todos los sectores de la economía. La transición energética, que no es otra cosa que el cambio hacia un sistema de energía con bajas emisiones de carbono, contempla como la gran meta a alcanzar la electrificación a partir de fuentes renovables, así como la descarbonización.

Los estudios realizados a nivel mundial por la Agencia Internacional de Energía (AIE), según su Escenario de Nuevas Políticas, proyectan para 2040 un aumento aproximado del 25% en la demanda global de energía primaria. Aunque estos estudios predicen que los combustibles fósiles continuarán dominando la matriz energética, también indican cambios en su distribución de consumo. En 2017, el orden era crudo, carbón y gas; mientras que en 2040 se espera sea crudo, gas y carbón. (González, 2020, p.1). Es relevante mencionar que países como Panamá, El Salvador, Nicaragua, Honduras, México, Colombia y otros están adoptando planes de gas natural para que el impacto ambiental de los combustibles fósiles sea menor.

Al igual que estos países, organismos como OLADE y BCIE, apuntan hacia el incremento de uso de gas natural para disminuir el impacto ambiental generado por los combustibles fósiles tradicionales. De esta manera, Costa Rica debe de realizar estudios de evaluación e impacto ambiental que podría generar el uso del gas. Este trabajo de investigación, por tanto, es un insumo para los hacedores de política ambiental y económica del país.

En este sentido, esta investigación busca dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál es el costo-efectividad socioeconómico y ambiental de introducir el gas natural como combustible de transición en el sector transporte e industrial costarricense? Para ello primero se debe de dar respuesta a las siguientes subpreguntas: ¿Qué se encuentra en la experiencia internacional sobre el uso del gas natural?, ¿Cómo se encuentra la gobernanza en materia de energía en Costa Rica?, ¿Qué ventajas y desventajas en materia socioeconómica y ambiental se encuentran en el uso de gas natural como fuente de transición en el sector transporte e industrial costarricense? y ¿Cuáles recomendaciones de política energética se podrían generar a partir del presente estudio?

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general**

Evaluar la introducción del gas natural como combustible de transición en el sector transporte e industrial por medio de su costo-efectividad socioeconómico y ambiental para la generación de políticas energéticas en la matriz energética costarricense.

### **Objetivos específicos**

- i. Estudiar la experiencia de otros países que han utilizado el gas natural como parte de su matriz energética.
- ii. Analizar la institucionalidad energética costarricense para la valoración del marco regulatorio vigente.
- iii. Determinar el costo-efectividad en términos socioeconómicos y ambientales del uso de gas natural como combustible de transición en Costa Rica.
- iv. Realizar recomendaciones de política energética para el sector energético costarricense.

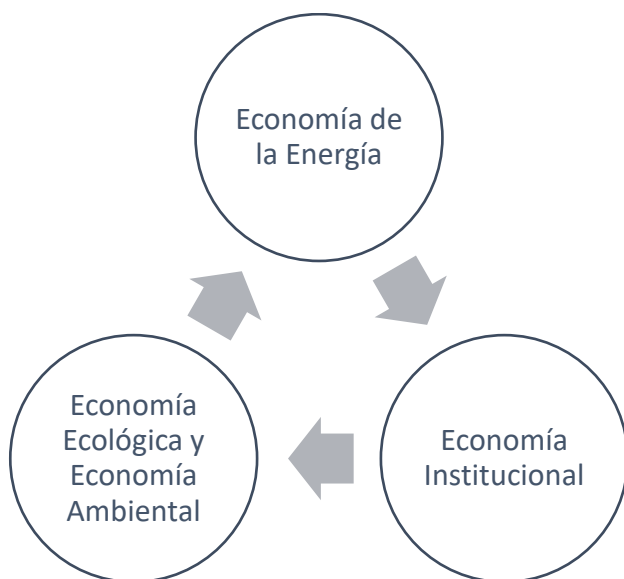
## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO- METODOLÓGICO

### 2.1. Marco Teórico

En este capítulo, se presenta el marco teórico que sentará las bases para el análisis exhaustivo de diversos conceptos y teorías relacionados con la economía ecológica, economía ambiental y la sostenibilidad energética. Comenzando con una visión general de la economía ambiental y su enfoque en la relación entre el crecimiento económico y el medio ambiente, se abordará la importancia del análisis costo-efectividad como herramienta clave para evaluar las políticas y proyectos relacionados con la energía.

A medida que avanzamos en el capítulo, se explorará la economía de la energía, centrándonos en el papel crucial de la matriz energética en el desarrollo sostenible y en la eficiencia energética. Se prestará especial atención a la gobernanza y la política energéticas, con el fin de entender cómo estas instituciones impactan la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables, para ello se utilizará la teoría de la economía institucional y la economía ecológica al mostrar enfoque del análisis multicriterio y del modelo de telaraña. Finalmente, se profundizará en el análisis del gas natural, examinando su importancia en el panorama energético actual, sus implicaciones ambientales y las perspectivas para su uso sostenible en el futuro. Lo anterior se observa en la figura 4.

**Figura 4.** Diagrama de relaciones teóricas



Nota: Elaboración propia.

En la figura 4 muestra las relaciones entre las principales teorías de las que surgen los conceptos que son considerados en esta investigación y que cumplen un rol detallado a lo largo de este marco teórico.

### **2.1.1 Economía de la Energía: la energía como un bien para satisfacer necesidades humanas.**

Al analizar el objeto de la economía se encuentran distintas definiciones según el marco normativo o la ideología que se tenga presente. En todas estas definiciones se tiene claro que la economía no es una ciencia natural, sino social y, en consecuencia, está influida por aspectos sociales y políticos. Dentro de las definiciones más escuchadas se encuentra la de Marshall (1980) quien define la economía como el estudio de la humanidad en los negocios ordinarios de la vida. Esta definición es la continuación que ha sido ampliamente aceptada por muchos economistas, la documentada por Robbins (1932) al definir la economía como el estudio de las relaciones entre los fines y los recursos escasos que pueden tener usos alternativos.

En esta tesis se tomará la definición de Robbins, considerando que el objeto de la actividad económica es satisfacer necesidades humanas para las cuales se utiliza un conjunto de medios (bienes y servicios) y estos medios son los satisfactores que permiten justamente, satisfacer dichas necesidades humanas. Para el caso de la economía de la energía, la energía es el satisfactor de esas necesidades, es un bien, un servicio, es un medio que, en conjunto con otros bienes y servicios contribuye a la satisfacción de las necesidades humanas.

Guzowsky (2010) menciona que, “el primer interrogante que debería responderse cuando se quieren estudiar los fenómenos energéticos desde una perspectiva económica, es dar respuesta a qué es la energía en cuánto y en tanto objeto de estudio de la economía”. (p.4) Si en la economía clásica es vista como aquella que estudia el cómo satisfacer las necesidades humanas a través de la actividad económica, cuando se hable de energía, se trata de la producción, transformación, distribución y consumo de energía para satisfacer dichas necesidades. De ahí que la energía, vista desde la economía sea conocida como un “bien social”.

La economía de la energía es aquella ciencia que estudia el uso humano de los recursos energéticos, los bienes energéticos y las consecuencias de su uso. (Sweeney, 2002, p.48) Cuando se habla de física, la energía es la fuerza con la que se realiza un trabajo. Al hablar de economía, energía se refiere a todos los bienes y recursos energéticos. Dichos bienes son la gasolina, el diésel, el carbón, la leña, el propano, el gas natural, la electricidad, entre otros; los cuales proveen servicios como la iluminación, la fuerza motriz, la calefacción, la actividad electrónica, etc.

Según Díaz (2012), “la terminología económica asigna el término "energía" a todos los productos y recursos energéticos, materias primas o insumos que requieren grandes cantidades de energía física para ser utilizados en el trabajo”. (p. 2) Es por esta razón que la economía de la energía analiza las fuerzas que guían a los agentes económicos (individuos, empresas o gobiernos) en cuanto al suministro de recursos energéticos, su conversión en otras formas de energía útil y también explora alternativas y regulaciones que afectan a estas actividades, junto con los efectos económicos en distribución y eficiencia.

Entre los primeros economistas en hacer relevante el tema de la energía dentro de la teoría económica fue Nicholas Georgescu-Roegen (1972-1976), quien señaló que los marxistas y los economistas neoclásicos se abstraen de la naturaleza, dan por sentados los recursos y los flujos de energía e ignoran la producción de desechos de la economía. (Georgescu- Roegen, 1976, p.30)

Siguiendo el liderazgo de Georgescu-Roegen, el enfoque de economía ecológica ha explorado en diferentes formas cómo la entropía impone límites al crecimiento. Otro punto de vista o perspectiva es el de Weyman-Jones, quien expone:

en realidad, no existe una disciplina llamada “economía de la energía”, puesto que la energía no es un bien que pueda ser vendida ni comprada en el mercado. Sin embargo, los combustibles individuales (electricidad primaria y secundaria, el gas natural, el carbón, petróleo) pueden comercializarse. (Weyman-Jones, 1987, tomado de Shahid, 2008, p. 2)

La "economía energética" representa la economía de los intercambios de energía y abarca diversos aspectos económicos que surgen al analizar distintas fuentes de energía. Uno de los campos de investigación en la economía energética es la asignación eficiente de recursos, que se enmarca principalmente en la economía normativa. Esta perspectiva resulta útil para comprender los resultados del mercado y maximizar ganancias en el contexto de la teoría del bienestar (Díaz, 2012, p.2).

La energía primaria es aquella energía extraída directamente de los recursos naturales como energía útil para el consumo humano. “En el caso de Costa Rica incluye biomasa (leña, residuos vegetales como bagazo, cascarilla de café y otros) ..., geotermia...,hidroenergía y las energías eólica, solar y biogás” (Zárate y Ramírez, 2016, p.5) Mientras que la energía secundaria es aquella que debe de ser transformada para que pueda ser consumida, por ejemplo, la generación de la electricidad. La demanda es

simplemente toda la energía que es consumida por el ser humano en sus actividades productivas, ya sea para el transporte, para uso residencial, industrial o comercial.

Una vez que se conoce quiénes son los posibles oferentes y consumidores de la energía, se procede a realizar el mismo análisis microeconómico que se emplea para cualquier otro bien o servicio. Esto será de vital importancia en esta tesis al unirlo con el análisis costo efectividad, el cual se explicará más adelante, y así poder calcular costos, inversiones y ahorros a los que debe incurrir Costa Rica (gobierno, empresas y consumidores) de implementarse el gas natural.

Conocer las estructuras de oferta y demanda permite determinar si una estructura de poder es viable para proporcionar esos bienes, y si esa provisión es eficiente y equitativa, o bien debe ser suministrado por otras estructuras de mercado. Desde esta perspectiva, se puede responder a las preguntas de qué debe proporcionarse y quién debe hacerlo, aunque aún queda pendiente responder a la pregunta de cómo hacerlo. Esta última cuestión debe abordarse considerando criterios económicos, energéticos y, sobre todo, ambientales. Para ello se verá el concepto de matriz energética.

La economía de la energía es el cimiento que impulsa la dinámica comercial de la energía en el mercado económico, abarcando la amplia gama de fuentes presentes en la matriz energética de cada nación. Zárate y Ramírez (2016) ofrecen una perspectiva esclarecedora al describir la matriz energética como un compendio cuantitativo de toda la energía generada, transformada y consumida (p.1). En esencia, se trata de un enfoque fundamental para comprender cómo se gestiona el recurso energético en nuestra economía actual.

La comprensión de la matriz energética se convierte en un invaluable conocimiento, revelando los flujos energéticos que impulsan nuestras actividades diarias. Esta comprensión es esencial para moldear las políticas públicas del sector energético, promoviendo una transformación social y ecológica en cada nación. En el contexto de esta investigación, se presenta una fuente de transición energética que demanda una gobernanza y política pública adecuada para su realización.

En este contexto, el gas natural se posiciona como una de las principales opciones para actuar como fuente de transición energética, dadas sus características técnicas y su disponibilidad. Su adecuada comprensión y estandarización, como lo propone la ISO 14532:2014, es fundamental para evaluar su papel dentro de las estrategias que buscan un equilibrio entre sostenibilidad ambiental y viabilidad económica.

La ISO 14532:2014, norma internacional que estandariza el vocabulario relacionado al gas natural, define a este como: “Mezcla compleja de hidrocarburos, principalmente metano, pero incluye generalmente etano, propano e hidrocarburos superiores, y algunos gases no combustibles como nitrógeno y dióxido de carbono. El gas natural también puede incluir trazas o impurezas tales como los compuestos de azufre y otros componentes químicos”. (ISO, 2014)

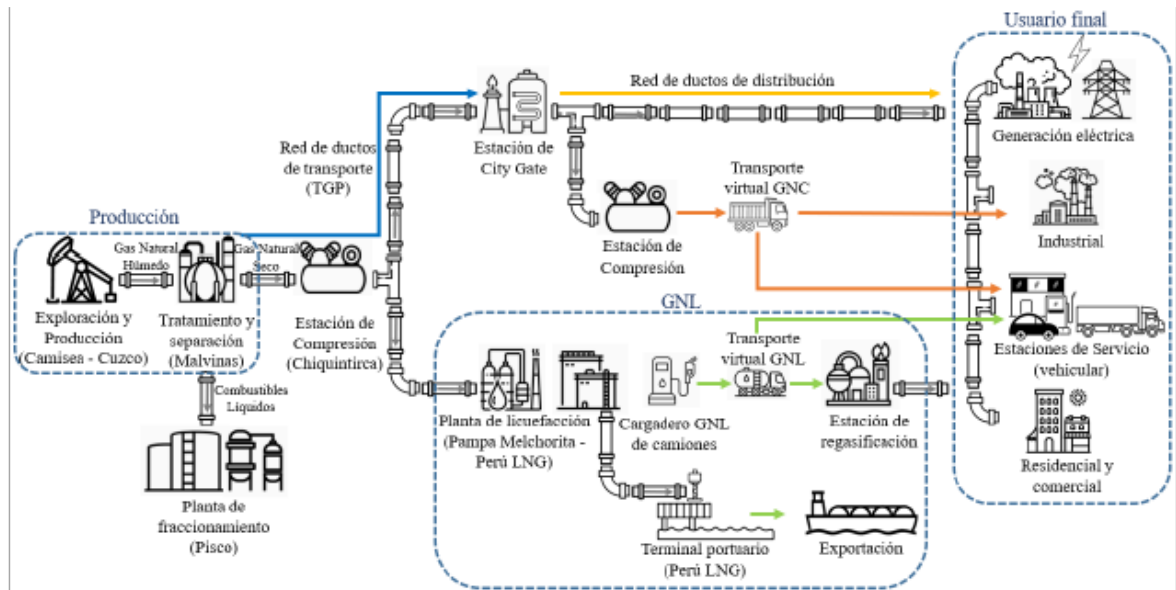
El gas natural “es un producto no renovable que se ha generado a lo largo del tiempo por descomposición de material orgánico, y que su utilización está limitada a las existencias físicas (hayan sido estas ya descubiertas o no)”. (Oviedo, 2022, p.3). El proceso de comprender la cadena de valor de este combustible implica seguir su recorrido desde su origen en el subsuelo terrestre hasta su destino final en hogares y empresas. Comienza con una definición del tamaño del reservorio, así se inicia el proceso de exploración para determinar su factibilidad financiera de la inversión. De ser positivo el resultado el paso a seguir es el proceso de producción “extracción”, posteriormente se lleva a cabo la preparación necesaria para su transporte y distribución, y finalmente, llega al punto de consumo donde es utilizado por hogares y empresas.

El gas natural no tiene mercados cautivos, para poder penetrar en el mercado debe sustituir a otras fuentes de energía. En general la sustitución de energéticos inicia en sectores industriales y de generación de energía eléctrica, debido a la diferencia favorable en precios y operación. Distinto del petróleo y sus derivados donde sus mercados son de alcance internacional, en el caso de gas natural los mercados son regionales como consecuencia de los altos costos de transporte, por tanto, influye mucho la oferta y demanda disponible en los puntos de consumo para que los precios sean competitivos. (Fernández y Arce, 2008, p.36)

La figura 5 ilustra el proceso por el que atraviesa el gas natural, desde su extracción en el campo hasta que llega a las manos del consumidor. Si un país produce su propio gas natural, seguirá esta cadena; pero si lo importa, hay que agregar una fase de transporte internacional. Todo comienza con la fase de exploración: se perfora y se lleva a cabo la producción en campos específicos y luego se procesa en plantas especializadas para que cumpla con las normas necesarias. Posteriormente, este gas se moviliza a través de gasoductos que generalmente están vinculados a una planta donde se lleva a cabo la licuefacción. Esta fase implica enfriar el gas a unos  $-162^{\circ}\text{C}$ , transformándolo en líquido y reduciendo su volumen unas 600 veces. Esta transformación abarca etapas como la deshidratación, el tratamiento adecuado, el proceso de refrigeración y su almacenamiento.

Después, es esencial regresar el gas a su forma gaseosa mediante la regasificación. Una vez hecho esto, el gas natural seco se canaliza hacia las redes de distribución, y es en ese momento cuando se pone a disposición del mercado.

**Figura 5.** Cadena de valor del gas natural



Fuente: Berrospi et. Al, 2021, p.51.

De la imagen anterior se derivan los principales pasos que explican la cadena de valor del gas natural:

1. Exploración y producción: Esta etapa involucra la búsqueda y extracción del gas natural desde yacimientos subterráneos. Comienza con la exploración geológica para identificar áreas potenciales de gas natural. Luego, se perforan pozos de gas para extraer el recurso. Si el gas natural se encuentra en conjunto con petróleo, se denomina "gas asociado"; si se encuentra de manera independiente, se denomina "gas no asociado".
2. Procesamiento: Una vez extraído, el gas natural puede contener impurezas y componentes no deseados, como agua, CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y H<sub>2</sub>S (sulfuro de hidrógeno). Por lo tanto, es necesario someterlo a un proceso de tratamiento y purificación para eliminar estas impurezas y dejarlo en un estado apto para su transporte y uso.
3. Transporte: Una vez procesado, el gas natural se transporta a través de redes de gasoductos o mediante el transporte en forma líquida en buques metaneros (GNL - Gas Natural Licuado) si es necesario llevarlo a largas distancias. Los gasoductos

son infraestructuras complejas y extensas que conectan los campos de producción con los centros de distribución y consumo.

4. Almacenamiento: En algunos casos, es necesario almacenar el gas natural para asegurar un suministro constante y confiable, especialmente para enfrentar picos de demanda o situaciones de emergencia. El gas se almacena generalmente en instalaciones subterráneas, como cavernas salinas o depósitos vacíos de gas natural.
5. Distribución: Una vez que el gas natural llega a los centros de distribución, se reduce la presión y se distribuye a través de redes de distribución de gas a las instalaciones de los usuarios finales, como hogares, empresas e industrias.
6. Consumo final: En esta etapa, el gas natural es utilizado por los consumidores finales para diversos propósitos, como calefacción de viviendas, generación de electricidad, producción industrial, uso comercial y como combustible para vehículos.

Cabe destacar que esta cadena de valor puede variar, dependerá de factores como si se explora o se importa, por ejemplo. Para el caso de la presente investigación se estudiará ambos escenarios a través de la metodología que se presenta en el siguiente apartado.

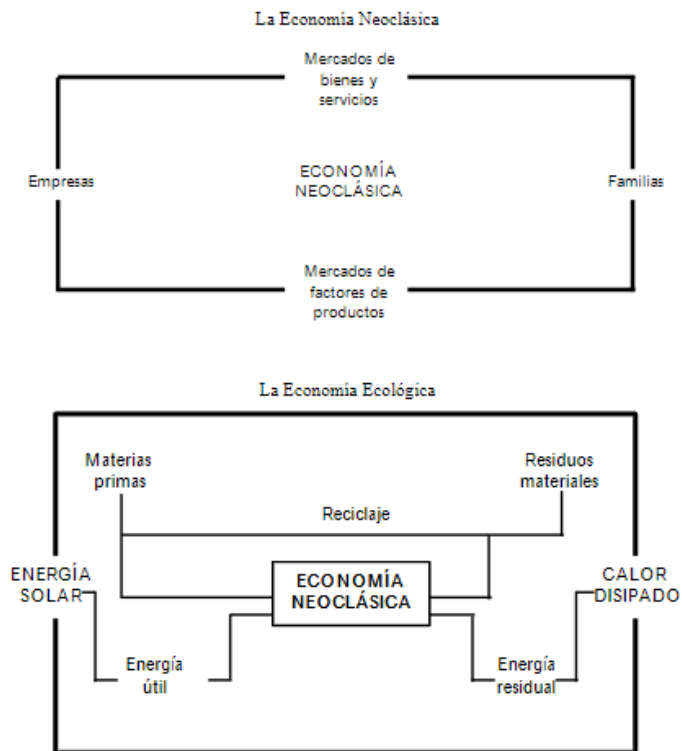
### **2.1.2 Economía Ecológica, Ambiental y Economía de los Recursos Naturales: lo ambiental como factor determinante en búsqueda del desarrollo sostenible en materia energética**

La economía neoclásica indica que el sistema económico se basa en un círculo continuo donde familias y empresas intercambian materia prima, bienes y servicios, para ello existe únicamente tres factores de producción: capital, trabajo y tierra. Es decir, las empresas producen bienes que son adquiridos por medio de pagos monetarios por los trabajadores quienes se encuentran en el mercado de factores de producción para la generación de los bienes transados. (Van Hauwermeiren, 2001)

Martínez-Alier (1998) menciona, “La economía neoclásica analiza los precios (es pues una crematística) y tiene una concepción metafísica de la realidad económica que funciona como un “perpetuum mobile” lubricado por el dinero”. (p.12) De ahí la importancia del surgimiento de la economía ecológica, la cual se puede considerar como una crítica ecológica a la economía convencional. (Van Hauwermeiren, 1999, p.75) La economía

ecológica ve el sistema económico como un sistema abierto a la entrada de energía, en contraposición con la economía neoclásica que se enfoca en un sistema cerrado. Es decir, la economía ecológica toma en cuenta aspectos de carácter ambiental y social, que son excluidos en la economía neoclásica. Lo anterior se ilustra en la figura 6.

**Figura 6. Sistema cerrado vs. Sistema abierto**



Fuente: Martínez-Alier, 1998, p.13. Curso Economía Ecológica.

La figura ilustra una diferencia fundamental entre la economía neoclásica y la economía ecológica. La primera considera el sistema económico como el centro y sistema total, mientras que la segunda lo ubica como un subsistema dentro de un sistema ambiental más amplio. En este sistema ambiental, la energía solar se transforma en energía útil para la producción, junto con la materia prima. El consumo o transformación de estos recursos genera energía residual y residuos materiales, que se liberan al ambiente como calor disipado.

En su obra de 2003, Boulding lleva a cabo una fascinante comparación entre dos conceptos económicos opuestos: la economía del vaquero y la economía del astronauta. La economía del vaquero se desenvuelve en un vasto plano ilimitado, donde todos los recursos son considerados infinitos. En esta visión, el éxito económico se alcanza al maximizar la producción y el consumo sin tomar en cuenta la equidad intergeneracional. Es

decir, no importa si las próximas generaciones tendrán acceso al disfrute de los mismos ecosistemas que las actuales. Por otro lado, la economía del astronauta se asemeja a una esfera cerrada. En esta visión, el éxito económico se logra mediante una cuidadosa relación entre la calidad, cantidad y complejidad del stock total de capital, que incluye tanto el capital natural como el capital artificial. Lo más importante es que esta economía se preocupa profundamente por la equidad intergeneracional, demostrando un genuino interés y conciencia sobre las generaciones futuras y su acceso a los recursos y ecosistemas.

Desde el enfoque de Van Hauwermeiren (1999) “la economía ecológica es una economía para la cual la escala de la economía está limitada por los ecosistemas y que al mismo tiempo entiende que gran parte del patrimonio natural no es sustituible por el capital hecho por los humanos”. (p.76) Es decir, mide la sustentabilidad de los ecosistemas por medio de indicadores biofísicos y no sólo por indicadores monetarios. En el contexto de la energía y más específicamente del petróleo y sus derivados, propone usar estos recursos agotables en un ritmo no superior al de su sustitución por recursos renovables. La economía ecológica considera que todos los recursos pueden ser escasos y útiles a la vez, sin importar si estos son valorados o no en el mercado.

Desde esta perspectiva, la economía ecológica proporciona una visión integral a esta investigación al considerar el sistema energético de un país como un subsistema dentro del sistema ambiental total, el cual puede verse impactado por la cantidad de residuos generados. En particular, la economía ecológica enriquece esta tesis al reconocer la importancia de los sistemas complejos, lo que posiciona a las metodologías de análisis de múltiples criterios (AMC) como herramientas esenciales. Estas metodologías permiten incorporar diversas dimensiones y perspectivas en la evaluación de políticas y proyectos, de manera similar a la metodología de grupos focales.

Ambas metodologías, que se explican en detalle en el marco metodológico, serán aplicadas en esta investigación. Al integrarlas, la tesis aborda el tema desde una perspectiva más amplia y holística, que incluye no solo aspectos económicos y técnicos, sino también las interacciones complejas entre la energía, el medio ambiente y la sociedad. Este enfoque permite evaluar el gas natural como un posible combustible de transición, utilizando criterios integrales alineados con los principios de sostenibilidad y justicia intergeneracional.

Por otro lado, la disciplina de la economía ambiental aborda cuestiones vinculadas al rol del entorno como receptor y procesador de desechos, es decir, como sostén de diversos procesos bióticos y abióticos que contribuyen a la recuperación y renovación de

subproductos provenientes de actividades de producción y consumo. La economía de los recursos naturales, por su parte, se ocupa de administrar tanto los recursos no renovables como los renovables, buscando resolver conflictos entre distintos usos y aspirando a alcanzar el uso óptimo en el primer caso o la sostenibilidad en el segundo. (Labandeira et al., 2007, p.13) En esencia, tanto la economía ambiental como la de recursos naturales no constituyen una crítica ecológica del ámbito económico, sino que representan una extensión de la economía tradicional, en la que se incorpora una perspectiva ambiental.

La economía ambiental y de recursos naturales estudian dos aspectos: las externalidades ambientales y la asignación intergeneracional óptima de los recursos agotables. Las externalidades son todos aquellos efectos positivos o negativos de una actividad económica y que no son internalizados. Es decir, y que no son contabilizados en el mercado. Como una extensión de la economía clásica, la economía ambiental se enfoca en la valoración de costos y beneficios monetariamente. Sin embargo, el problema radica en que la teoría neoclásica busca la eficiencia económica olvidándose o descuidando los problemas de equidad distributiva y de que el término "bienestar" de una persona no depende exclusivamente de cuánto dinero posee.

Después de considerar lo anterior, en esta tesis se empleará el término acuñado por Labandeira et al. (2007), ya que se busca examinar la consecuencia perjudicial generada por las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del uso de combustibles fósiles en las actividades productivas humanas. Para lograrlo, será fundamental recurrir a un enfoque de valoración económico-ambiental propuesto por la economía ambiental, conocido como análisis costo-efectividad.

En el ámbito de la toma de decisiones, existe una herramienta trascendental conocida como "Análisis Costo-Efectividad". Su función es discernir los enfoques más efectivos para alcanzar objetivos predeterminados. Este enfoque implica la evaluación concienzuda de los costos y beneficios vinculados a la puesta en marcha de diversas alternativas concebidas para lograr el objetivo deseado. A través de esta metodología, se comparan los efectos de diferentes intervenciones en términos de su estructura de costos, lo que habilita una evaluación global de las opciones. (Martínez, 2021, p.22).

Históricamente, el análisis costo-efectividad y las teorías solían seguir caminos separados, sin embargo, en las últimas décadas se ha buscado integrarlos en el marco analítico de la economía del bienestar. La finalidad es evaluar opciones y tomar decisiones desde una perspectiva societaria que se fundamenta principalmente en valores normativos (Meltzer, 2001; Garber y Phelps, 1997). La economía del bienestar proporciona los

cimientos para comprender y medir los elementos esenciales del análisis costo-efectividad, como la valoración social de los costos y la elección de una tasa de descuento.

A diferencia del análisis costo-beneficio, en el análisis costo-efectividad no se expresan los beneficios en términos monetarios, sino directamente en las unidades de resultado. (Martínez, 2021, p.23) Esto es útil en los casos en los que asignar un valor monetario a algún valor de no uso resulte complicado o en donde no haya un consenso de cuál es el mejor método que se debe de aplicar. En el caso de la presente tesis al tratarse de un tema que no se ha realizado en el país, encontrar datos certeros sobre costos e ingresos de la implementación de un combustible de transición puede ser algo complejo. Dada esta razón se considera que el análisis costo-efectividad provee una base sólida, desde la economía del bienestar, sobre la realización de una matriz energética de forma óptima.

Con el enfoque del análisis costo-efectividad establecido, se sientan las bases para integrar las dimensiones económicas, sociales y ambientales de la implementación de un nuevo paradigma. Estas tres dimensiones son producto del desarrollo sostenible que busca alcanzar un equilibrio que promueva un crecimiento sostenible, respetuoso con el medio ambiente y beneficioso para las generaciones presentes y futuras. De esta manera, se pretende ampliar la comprensión del tema y sentar las bases para una propuesta integral que contribuya a abordar los desafíos ambientales del tiempo presente.

Existe en economía una disyuntiva entre el crecimiento y el desarrollo económico. Donde el primero interesa a nivel cuantitativo, siendo el principal indicador el producto interno bruto (PIB) de cada país, cuanto mayor PIB, mayor el crecimiento económico de dicha economía. Sin embargo, crecimiento económico no implica que sea un crecimiento igualitario o equitativo para todas las personas que habitan en dicha economía. De ahí el segundo concepto, desarrollo económico, este analiza también aspectos de índole social, cultural y ambiental. En las últimas décadas, los economistas, ambientalistas, científicos y políticos en general se han percatado que no es suficiente sólo tener desarrollo económico, sino que, además, este desarrollo económico debe de ser sostenible.

De acuerdo con Sachs (2014), la definición de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), ha evolucionado desde un concepto de justicia intergeneracional (1987) hasta uno que enfatiza un desarrollo holístico a través de la integración de las dimensiones ambientales, económicas y sociales (la política y cultura como ejes transversales). El argumento de Sachs (2014) es más claro si se construye una línea histórica de esta definición. (Manzanares, 2020)

El concepto de desarrollo sostenible se basa en la idea de garantizar el bienestar de la actualidad sin poner en riesgo la capacidad de las próximas generaciones para disfrutar de su propio bienestar. Para alcanzar este objetivo, es esencial tener en cuenta la capacidad de la biosfera para absorber los impactos generados por las acciones humanas. Se trata de encontrar un equilibrio armonioso entre el progreso presente y el legado para las generaciones venideras.

Dado que en el presente trabajo se busca analizar el factor ambiental de usar una fuente de transición energética que ayude a disminuir las emisiones de GEI que afectan al cambio climático, se prestará principal atención a dos de los ODS: el ODS 7 y 13, que después sentarán las bases para desarrollar el cuarto objetivo de esta tesis, sobre generar recomendaciones de política energética sostenibles con el ambiente. El ODS 7 trata de garantizar un acceso fiable, sostenible, moderno y asequible a la energía para todos. Consta de cinco objetivos, divididos en cuatro temas, acceso a la energía, proporción de energías renovables, eficiencia energética, cooperación internacional e infraestructura. Lo que corresponde al ODS 13, se refiere a la adopción de medidas urgentes para combatir los efectos de cambio climático y sus impactos.

Para Martínez (2015) un abordaje sustentable del tema energético exige soluciones simultáneas entre desarrollo, crecimiento económico, protección ambiental y equidad social. El imperativo de la sustentabilidad en el contexto de la energía, en la percepción de Rosen (2009), la trata como una condición requerida para que las naciones logren en sus sistemas energéticos. Aquí el factor principal de que uno de los componentes clave de esta tesis sea el análisis de la matriz energética a través de la economía de la energía antes desarrollada, pero para dar cabida a recomendaciones de política pública en materia energética, se debe de analizar cómo se encuentran las instituciones en este tema. Para ello la economía institucional propone el sustento teórico.

### **2.1.3 Economía Institucional: las instituciones dentro de la gobernanza y la política energética en la cadena del gas natural**

El control de las acciones humanas constituye uno de los mecanismos implementados por las instituciones, las cuales establecen las "reglas del juego" y configuran la estructura del entorno social, político y económico en el que se desarrolla nuestra sociedad (North, 1991). Al regular estas acciones, es posible disminuir los costos derivados de las interacciones humanas, dado que estas ejercen una influencia directa

sobre las conductas y decisiones sociales adoptadas en los ámbitos político y económico (Greif y Kingston, 2011).

Las actividades destinadas a la definición de instituciones buscan minimizar los costos asociados a la interacción humana, desempeñando un papel clave en la eficiencia económica y el desarrollo (Vilpoux y Oliveira, 2010). De acuerdo con Williamson (2008), la Nueva Economía Institucional ofrece dos enfoques analíticos complementarios que se aplican al estudio de las organizaciones. El primero, de carácter macro, se enfoca en el desarrollo, origen, estructuración y evolución de las instituciones a lo largo del tiempo. El segundo, con un enfoque microinstitucional, se centra en analizar las estructuras de gobernanza, incluyendo aquellas que regulan transacciones específicas (Albuquerque, Souza y Ferraz, 2014).

El entorno institucional constituye el marco donde se establecen las normas, tanto formales como informales, que rigen el funcionamiento de la economía. Según el planteamiento de North (1990), las instituciones actúan como creadoras de las reglas que guían el desarrollo de la sociedad. Este enfoque incluye las "reglas formales", establecidas por el Estado mediante leyes y constituciones, así como las "reglas informales", derivadas de las dinámicas de grupos sociales relevantes. Ambas tienen como propósito influir en la interacción humana, orientando los intercambios en los ámbitos político, social y económico (Greif y Kingston, 2011).

La contribución de North ha posicionado los estudios organizacionales como un área de investigación relevante en los campos de las ciencias políticas y económicas en años recientes (Schofield y Caballero, 2011). El éxito de esta teoría radica, principalmente, en su enfoque que incorpora el contexto social como un factor clave que influye en los procesos de toma de decisiones y en las acciones que promueven cambios, así como en aquellas que generan resistencia dentro de una organización.

En esta investigación se adopta el enfoque de la economía institucional, dado que este marco teórico proporciona la base para comprender la gobernanza y las reglas, tanto formales como informales, que estructuran el uso, distribución y producción de las fuentes energéticas. Estas, a su vez, son fundamentales para el desarrollo humano y social, al ser indispensables en todas nuestras actividades productivas.

Específicamente, se retoma de la Nueva Economía Institucional (NEI) su enfoque microinstitucional, que permite analizar cómo la gobernanza y las instituciones, en sus dimensiones formales e informales, configuran el contexto energético. Este enfoque resulta crucial para entender las dinámicas que determinan el suministro de energía en sus

aspectos políticos, sociales y económicos, delineando el rumbo del sector energético y su impacto en la sociedad.

A partir del año 2001 se desarrolló un nuevo paradigma en el papel que la energía desempeña en la economía y la política internacional, principalmente por el aumento de los precios del petróleo. (Fuentes, 2009, p.8) Según Escribano (2014), inicialmente se planteó que la gobernanza de los recursos energéticos, la lucha contra el cambio climático y el desarrollo sostenible fueran considerados bienes intermedios para asegurar la seguridad energética a largo plazo. (p.5) Sin embargo, con el tiempo, estos conceptos han adquirido mayor importancia y se han convertido en bienes públicos globales en sí mismos.

En el ámbito de las políticas públicas, comprender la naturaleza, dinámica, estado y alcance de los diversos bienes públicos transnacionales/globales relacionados con la energía y la eficiencia energética es fundamental para diseñar un sistema de gobernanza eficaz en términos de eficiencia energética.

En este sentido se debe entender a la energía por su carácter dinámico, evolutivo y complejo, en donde las sociedades interactúan con diversos actores y dimensiones. Los actores varían desde gobierno, empresas públicas, empresas privadas, operadores, reguladores, consumidores y productores. Mientras que las dimensiones abarcan lo ambiental, lo económico, lo político y lo estratégico. La interacción de dichas fuerzas del mercado genera lo que se denomina como gobernanza energética, “sistema que regula y orienta las interacciones entre el Estado el mercado y la sociedad en el ámbito energético a través de normas legales, políticas públicas e instituciones de ejecución y control”. (Fontaine y Puyana, 2008, p.28)

En la presente tesis se adopta el estudio teórico sobre la gobernanza energética, al destacar que también se puede concebir como “un sistema, mientras que la gobernabilidad se ve como un proceso que genera un "equilibrio dinámico" entre las demandas expresadas por la sociedad y la capacidad del sistema institucional para procesarlas de manera legítima y eficiente” (Fontaine y Puyana, 2007. p.4). Se evalúa en términos de lo que debería ser, incorporando juicios de valor y recomendaciones de política al utilizar grupos focales y análisis de múltiples criterios para dicho objetivo. Este enfoque implica proponer cambios en la regulación, definir criterios de equidad y sostenibilidad, y orientar la toma de decisiones hacia determinados objetivos. En esta perspectiva, la gobernanza y la gobernabilidad se entrelazan con relación a la habilidad de la sociedad para alcanzar la estabilidad, cohesión social y política, además de la aptitud del Estado para consolidar sus instituciones en sintonía con las necesidades de la sociedad.

Considerar la gobernanza como un sistema permite visualizar la interacción de diversos subsistemas en su conjunto. Uno de estos subsistemas es el que abarca el ámbito de la energía, una pieza clave en las estructuras complejas y fundamentales del mundo. La energía se encuentra intrínsecamente vinculada con la economía, la política y el medio ambiente, entre otros aspectos cruciales.

En los últimos años, la temática relacionada con el acceso a las fuentes de energía y las dinámicas entre los actores involucrados ha sido objeto de debates y preocupaciones crecientes. (Arias, 2014, p.11). El aumento de la demanda energética y las posibles restricciones impuestas por políticas ambientales, especialmente en lo que respecta a la transición hacia fuentes energéticas más sostenibles y la reducción del uso de portadores tradicionales, han sido puntos cruciales en dichos debates.

De esta manera, analizar la gobernanza energética se convierte en una tarea indispensable para comprender la forma en que las políticas son gestionadas en países o regiones en relación con este vital tema.

A escala global, la demanda ascendente de recursos energéticos públicos, impulsada por el imperativo de enfrentar el cambio climático, ha llevado al surgimiento de varios pactos internacionales en los últimos diez años. Dichos pactos muestran variadas perspectivas políticas, ideológicas y económicas, según los sectores a los que pertenecen y la concentración del poder dominante en diferentes regiones del mundo.

Fuentes (2009) menciona cuales son los principales factores por los cuales se requiere de una política energética.

1. Incremento de interconexión: Existe una mayor interconexión entre las diversas redes de energía, lo que puede implicar cambios en la forma en que se aborda la política energética.
2. Desarrollo tecnológico y eficiencia energética: Los avances tecnológicos han mejorado la eficiencia en el uso de la energía, lo que puede tener implicaciones en el diseño de políticas energéticas.
3. Falta de inversión en infraestructura energética: La falta de inversión en infraestructura energética puede suponer un desafío para garantizar un suministro estable y confiable de energía.
4. Preocupación por el medio ambiente: La creciente preocupación por los efectos negativos del sistema industrial y energético en el medio ambiente está impulsando cambios en las políticas energéticas hacia formas más sostenibles y limpias.

5. Aumento del consumo de energía en economías emergentes y países en desarrollo:  
El incremento en el consumo de energía por parte de estas economías crea la necesidad de reconsiderar enfoques y conceptos para garantizar un suministro adecuado y equitativo de energía.

En general, estos factores han generado una revisión de cómo se aborda el papel de la energía en los sistemas políticos y económicos, tanto a nivel nacional como internacional, así como la necesidad de elaborar políticas públicas más adecuadas para abordar los desafíos energéticos actuales. Dado lo anterior, se presenta el gas natural como la fuente de energía de transición que se pretende analizar para una política energética que alcance una matriz energética más diversificada y menos contaminante.

## **2.2 Marco Metodológico**

### **2.2.1 Enfoque de Investigación.**

La investigación se realiza desde un enfoque mixto. Este tipo de enfoque es descrito según Hernández (2014) como aquel que permite tomar características tanto de la investigación cuantitativa como cualitativa al poseer “un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder a un planteamiento del problema”. (p.610)

En este sentido, Guelmes y Nieto (2000) indica que “(...) este enfoque engloba desde cómo se formula el problema de investigación, combinando lógicas inductiva y deductiva, hasta cómo se reúnen, analizan y presentan los datos en los informes finales.” (par.15).

En el estudio, se exploraron áreas como la economía de la energía, ambiental, ecológica e institucional. Con el objetivo de recopilar información sobre costos, percepciones y eficacia, se optó por una metodología mixta, la cual facilita un enfoque adecuado hacia los objetivos. Al combinar un análisis de costo-efectividad con una revisión de la literatura teórica existente, se logra una comprensión profunda, identificando ventajas y desventajas para su aplicación. Esto permite un examen detallado del gas natural dentro de una estrategia energética, sin descuidar la perspectiva ambiental ante el desafío del cambio climático. Además, se consideran elementos del entorno institucional y la matriz energética nacional.

### **2.2.2 Alcance**

El tipo de estudio en este trabajo será exploratorio-descriptivo. El alcance de esta tesis está orientado a abordar un problema de investigación poco estudiado en el ámbito de la transición energética, el gas natural. Este tipo de investigación permite identificar y describir las características principales del fenómeno en cuestión, facilitando una comprensión inicial de su contexto y dinámicas.

Para ello, se recolectarán y medirán datos relevantes que serán analizados con el objetivo de reportar información detallada y sistemática, sentando así las bases para futuras investigaciones más profundas o de carácter explicativo. La metodología busca no solo explorar el tema, sino también generar un panorama descriptivo, como lo es la situación actual en materia de gobernanza y regulación, que aporte insumos útiles para la toma de decisiones en el campo energético.

Se propone un análisis costo-efectividad del uso del gas natural como fuente de transición energética en los sectores transporte e industria. Un análisis de este tipo implica la recolección de datos de costos y posibles beneficios, los cuales deberán de ser suministrados por las empresas u organismos competentes o bien, ser construidos. Por lo tanto, el alcance de la investigación se limita a describir la situación actual y explorar la efectividad de la puesta en práctica de una fuente de transición, como lo es el gas natural.

### **2.2.3 Objeto de estudio**

A partir de que la investigación pretende buscar el costo-efectividad económica y ambiental de la introducción del gas natural, el sujeto de la investigación se convierte en el gas natural. Para lograr investigar si es costo-efectivo o no introducir el gas natural datos de costos, para ello se utilizarán los estudios que ya se han realizado en el país sobre el tema, los cuales ya fueron mencionados en secciones pasadas, y se traerá a valor presente dicha información. Los datos que no estén contemplado en esos estudios se estimarán a partir de encuestas y entrevistas.

Para el presente trabajo investigativo se utilizarán los datos microeconómicos de costos de instalación, costos de transporte, costos de importación, costos administrativos y logísticos de implementar una planta de gas natural en Moín, Limón. Esta ubicación ha sido elegida debido a que se puede pensar que el país del cual se importará el gas natural será Panamá. Sin dejar de lado el hecho de que la base de la investigación es el abordaje desde la teoría de la economía de la energía y la economía ambiental.

## **2.2.4 Método**

A continuación, se revisan los 3 métodos aplicados en esta investigación:

### **2.2.4.1 Revisión bibliográfica**

Para el primer objetivo se estudia la experiencia de otros países, puntualmente se elige países de América Latina y el Caribe. Este enfoque cualitativo permite entender el comportamiento del mercado, los usos que tiene el gas natural, la estructura de precios, la dinámica regulatoria, los principales actores de la cadena y por qué se usa el gas natural en cada uno de estos países y, a partir de ahí tener una base de buenas prácticas que podría recuperar Costa Rica en caso de incursionar en este mercado. Por lo tanto, se recurre a revisar la documentación en relación con la historia, los hitos, los planes nacionales, estrategias nacionales, políticas de acción, noticias e informes relacionados al uso del sector del gas natural en México, República Dominicana, Panamá, Colombia, Perú y Centroamérica.

Los países, anteriormente mencionados, fueron elegidos por su relevancia geográfica, económica y su experiencia en el uso del gas natural. Panamá destaca por su cercanía y su reciente incorporación del gas natural en la generación eléctrica. México es un referente en América Latina por su amplia experiencia en extracción, transporte y regulación de este recurso. Colombia aporta lecciones sobre la diversificación de usos del gas en sectores residenciales, industriales y eléctricos. República Dominicana es un caso relevante por sus desafíos logísticos similares a los de Costa Rica y su transición hacia este energético. Perú, por su desarrollo de infraestructura y políticas inclusivas en el uso del gas natural, también resulta un modelo interesante. Finalmente, se incluye a Centroamérica por su proximidad y la posibilidad de crear un mercado energético regional integrado.

### **2.2.4.2 Análisis de Múltiples Criterios (AMC)**

La base del segundo objetivo fue el AMC mediante el modelo de telaraña a los resultados encontrados en la sistematización del grupo focal y de las entrevistas aplicadas. Dicha metodología se aplicó por medio del software NAIADE.

Para implementar un modelo de telaraña usando el software NAIADE (análisis de impacto ambiental y de equidad), se siguió una serie de pasos estructurados que guiaron el análisis desde la preparación de los datos hasta la visualización de resultados. Los pasos o criterios para aplicar este tipo de modelos en NADIE fueron los siguientes:

Paso 1: Preparación de Datos

Primero, se organizó los datos recopilados de las encuestas y de los grupos focales en una matriz de decisión. Cada fila de la matriz representó un criterio (por ejemplo, Normativas/Legales, Económicos, Tecnología e Innovación, etc.), y cada columna representó una alternativa o un escenario. Los valores en la matriz reflejaron las evaluaciones o puntuaciones dadas a cada alternativa bajo cada criterio. En este caso al tratarse de un análisis más cualitativo, se convirtió las respuestas cualitativas en puntuaciones numéricas basadas en una escala predefinida.

#### Paso 2: Ingreso de Datos

Ingresar la matriz de decisión en el software. Esto incluye las puntuaciones para cada criterio bajo diferentes alternativas o escenarios.

#### Paso 3: Configuración del Análisis

En NAIADE, se seleccionó el análisis de tipo "telaraña" que permitió visualizar las puntuaciones de manera gráfica y comparativa.

#### Paso 4: Ejecución del Análisis

Ejecución del análisis en NAIADE. El software procesó la matriz de decisión y generó el modelo de telaraña, que muestra gráficamente cómo cada alternativa o escenario se compara bajo los diferentes criterios.

#### Paso 6: Interpretación y acción

Se interpretaron los resultados del modelo de telaraña, buscando áreas donde las alternativas se desempeñan bien y aquellas donde hay espacio para mejoras.

Para el desarrollo del AMC, se establecieron dos grupos focales con el fin de examinar la estructura institucional del sector energético en el país. Este método se fundamenta en la definición de Liamputtong (2011) de la metodología del grupo focal como una herramienta de investigación cualitativa que convoca a un número reducido de individuos, seleccionados según criterios demográficos específicos, para participar en un diálogo estructurado en un ambiente controlado por un moderador. La utilidad de esta técnica radica en su capacidad para registrar la dinámica grupal, las reacciones individuales y el lenguaje no verbal, aspectos que son de gran valor para orientar futuros estudios sobre patrones de consumo, preferencias en productos y servicios, o para abordar asuntos de naturaleza polémica. Es particularmente efectiva para verificar o desmentir suposiciones ya existentes, proporcionando respuestas espontáneas y profundizando en el entendimiento de las interacciones durante el debate. Esta metodología resulta apropiada cuando se busca un conocimiento que trascienda las respuestas binarias de "sí" o "no".

### 2.2.4.3 Costo-Efectividad

Para dar respuesta del objetivo 3, se realizará un análisis donde se aplique la metodología costo-efectividad. La metodología de costo-efectividad es un enfoque económico que se utiliza para comparar los costos relativos de diferentes cursos de acción en términos de su efectividad. Esta metodología es especialmente útil en el campo de la salud pública y las políticas de intervención, pero también se aplica en otras áreas, como la evaluación de proyectos de infraestructura o políticas energéticas.

La ecuación o fórmula básica para el análisis de costo-efectividad compara el cambio en los costos con el cambio en la efectividad:

$$CE = \frac{\text{Costo de la intervención} - \text{Costo del status quo}}{\text{Efectividad de la intervención} - \text{Efectividad del status quo}} \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde:

- CE: Costo-efectividad
- Costo de la intervención: es el costo total asociado con la implementación de la nueva estrategia o política.
- Costo del status quo: es el costo total asociado con la situación actual o con una alternativa menos costosa.
- Efectividad de la intervención: es el beneficio o la cantidad de mejora obtenida con la nueva estrategia.
- Efectividad del status quo: es el beneficio o la cantidad de mejora obtenida con la situación actual o la alternativa.

Alternativamente y para efectos de la presente investigación, la ecuación 1, se puede expresar como:

$$CE = \frac{\text{Costo del combustible base} - \text{Costo del gas natural}}{\text{Emisiones del combustible base} - \text{Emisiones del gas natural}}$$

En el caso de un CE positivo, cuanto más pequeño es, más reducciones de emisiones se pueden lograr con un costo incremental menor, debido a una alternativa determinada en relación con su comparador. Un CE negativo indicará que, mientras que la alternativa cuesta más, también aumenta las emisiones en relación con su comparador.

## 2.2.5 Fuentes

En este estudio se emplearon tanto fuentes primarias como secundarias. Las fuentes primarias fueron esenciales para implementar los métodos y técnicas descritos en este apartado. El objeto de investigación es el uso del gas natural en los sectores de transporte e industria. Para analizar la institucionalidad y la gobernanza energética del país, se realizaron entrevistas personales y grupos focales con empresas y diversos actores clave del sector.

Por su parte, las fuentes secundarias incluyeron literatura específica sobre el sector y fundamentos teóricos empleados para contrastar los resultados del análisis. Asimismo, se consideraron informes, noticias, historia y planes relacionados con el gas natural de otros países, en tanto proporcionaron información relevante. Entre las fuentes secundarias también se encuentran los datos suministrados por organismos como RECOPE y la documentación disponible a nivel nacional que resultó pertinente para el estudio.

## 2.2.6 Instrumentos de recolección de información

Según Falcón & Herrera (2005),

Se entiende como técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información, ello conduce a la obtención de información, la cual debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de datos que se refiere a un dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información (p. 12).

Con respecto al Objetivo 1, se procederá con una estrategia metodológica que contempla el empleo de técnicas cualitativas de recolección de datos. Esta recolección se nutrirá de fuentes secundarias. Se hará uso de herramientas de búsqueda bibliográfica avanzada, tales como Google Scholar, rreferencia.info y connectedpapers. Complementariamente, se consultará información proveniente de bases de datos especializadas, incluyendo, pero no limitándose a, Statista, Science Direct y Scopus. Asimismo, se realizarán indagaciones en bibliotecas pertenecientes a entidades internacionales.

La estrategia de búsqueda comenzó con la selección de cinco términos clave: "gas natural", "costo-efectividad", "transición energética", "matriz energética" y "fuentes alternativas". El periodo de interés para el filtro de la búsqueda se establece entre los años 2018 y 2023. Con respecto a la selección geográfica, el enfoque inicial se centra en países de Latinoamérica que, según estudios previos, han incorporado el gas natural en su matriz

energética. Las naciones en cuestión incluyen México, Panamá, Colombia, Perú, Chile y Brasil.

La sistematización de la información del objetivo 1 se llevará a cabo con ayuda del software Atlas TI, en el cual el primer paso será la creación de un libro de códigos, para ir identificando los principales puntos a analizar dentro de la bibliografía consultada. El libro de códigos permitirá clasificar la información recopilada de la experiencia internacional en el uso y consumo de gas natural. Así, por ejemplo, se identificará las experiencias de importación, exploración y/o explotación de gas natural, entre otras cosas que en la marcha resulten interesantes de catalogar dentro del libro de códigos propuesto a continuación:

Libro de códigos y subcódigos para Atlas TI para el análisis del objetivo 1:

#### 1. Origen del Gas Natural

- Producción Nacional: Códigos relacionados con la capacidad, volumen y tecnología empleada en la producción de gas natural dentro del país.
- Importación: Códigos que describen las fuentes de importación, condiciones de los contratos, países proveedores y volúmenes importados.
- Mixto: Detalles sobre la combinación de gas natural producido localmente e importado.

#### 2. Contribución en la matriz energética

- Porcentaje en la Matriz: Cómo el gas natural se compara o se integra con otras fuentes de energía como parte de la matriz energética nacional.
- Impacto Ambiental y Eficiencia: Evaluación de los beneficios o desventajas ambientales del uso de gas natural.

#### 3. Proveedores de gas natural

- Estado: Información sobre entidades gubernamentales o empresas estatales que gestionan el suministro de gas natural.
- Empresas Privadas Nacionales: Detalles sobre las empresas locales privadas involucradas en el suministro de gas natural.
- Empresas Extranjeras: Datos sobre la participación de empresas internacionales en el mercado de gas natural del país.

#### 4. Regulación e institucionalidad

- Marcos Legales: Legislación nacional que regula la explotación, distribución y comercio de gas natural.
- Políticas Energéticas: Políticas específicas relacionadas con el desarrollo y uso del gas natural.

- Organismos reguladores: Identificación de los organismos encargados de la supervisión y regulación del sector del gas natural.
5. Consumo de gas natural
- Consumo Doméstico: Uso de gas natural en hogares para calefacción, cocina, etc.
  - Consumo Industrial: Importancia del gas natural en sectores industriales, incluyendo volúmenes y tipos de industria.
  - Impacto Económico: Contribución del gas natural al PIB y su influencia en la economía local.
6. Desafíos y perspectivas futuras
- Seguridad Energética: Desafíos relacionados con la dependencia del gas natural y su seguridad de suministro.
  - Desarrollo Tecnológico: Innovaciones y tecnologías emergentes en la explotación y uso del gas natural.
  - Transición Energética: Rol del gas natural en la transición hacia energías más limpias y sostenibles.

Para el objetivo 2, adicional al grupo focal, se realizaron entrevistas a expertos en el tema para capturar a todos los actores del sector bajo estudio, los mismos se muestran en la tabla 1. La entrevista es un instrumento de recolección cualitativo que se presenta como una gran herramienta de obtención de datos enriquecedores para el quehacer investigativo. Esta es capaz de entregar la profundidad que, en muchas ocasiones, los instrumentos de tipo cuantitativo dejan de lado debido a su afán de generalizar y reducir el error al mínimo, por lo cual no ahondan en el carácter discursivo de las personas, con sus significados y concepciones. (Troncoso y Amaya, 2017, p.332)

**Tabla 1.** Actores del proceso de entrevistas

Organización	Puesto	Persona
RECOPE	Dirección de Planificación	Yariela Web Araya
CINPE	Académico	Donald Miranda Montes
ARESEP	Director General Centro de Desarrollo de la Regulación	Daniel Fernández
Sector privado	Consultor	Adolfo Lobo
AEEGRA	Presidente de la Junta Directiva	Claudio Rodríguez
ARESEP	Intendente transporte	Paolo Varela

RECOPE	Departamento comercial	Jimmy Fernández
CINPE	Académico	Leiner Vargas
ARESEP	Intendencia de Energía	José Alejandro Oviedo
ARESEP	Intendencia de Energía	María Elena Martín
BID	Exconsultor energético	Juan Carlos Martínez Piva
ICE	Dirección de Planificación y Sostenibilidad de la Gerencia de electricidad	Marianela Ramírez
MINAE	Director General de Transporte y Comercialización de transportes de combustibles	Alberto Antillón
Pozuelo	Jefatura de facilidades	Josué Montanaro
Asamblea Legislativa	Asesor parlamentario de Daniela Rojas en la comisión de energía	Francisco Rodríguez
ICE	Asesor en la gerencia de electricidad	Armando Cruz
Sector privado	Asesor internacional de temas energéticos, ingeniero químico y escritor de la propuesta energética del gas natural	Carlos Roldán
Asamblea Legislativa	Asesor en el despacho de Luz Mary Alpízar	Emmanuel Víquez
ASOMOVE	Encargado de asuntos públicos, relación con poder Ejecutivo, Legislativo para el seguimiento y propuestas de políticas públicas que incentiven la movilidad eléctrica.	Jenner Alfaro Zeledon
ICE	Líder de Negocios	Gerardo Guadamuz

MINAE	Coordinadora de economía ambiental	Cynthia Córdoba Serrano
Consultor privado	Consultor ambiental	Bernardo Aguilar
RECOPE	Expresidente	Alejandro Muñoz
Cámara de Industrias de Costa Rica	Asesor en Energía	Lizandro Brenes
Grupo VICAL	Salud Ocupacional	Rodolfo Rodríguez
MIDEPLAN	Análisis Sectorial y del Desarrollo	Rosaura Elizondo

---

Fuente: elaboración propia

La guía de la entrevista se encuentra en los anexos de este documento y para el análisis de las respuestas de dichas entrevistas, también se procedió a realizar la metodología aplicada en el objetivo 1 con la ayuda del software Atlas TI, en donde se utilizó el siguiente libro de códigos y subcódigos:

1. Barreras Políticas
  - Falta de Voluntad Política: Códigos relacionados con la ausencia de interés o prioridad política en promover el gas natural.
  - Legislación Desfavorable: Legislación que limita o desincentiva el uso y la inversión en infraestructura de gas natural.
  - Cambios de Gobierno: Impacto de la alternancia política en la continuidad de políticas energéticas relacionadas con el gas natural.
2. Barreras Económicas
  - Falta de Inversión: Escasez de inversiones en infraestructura necesaria para el gas natural, tanto a nivel local como internacional.
  - Costo de Implementación: Altos costos asociados con la adopción y transición hacia el gas natural.
  - Rentabilidad: Percepciones sobre la rentabilidad del gas natural comparado con otras fuentes energéticas.
3. Barreras Tecnológicas
  - Falta de Tecnología: Limitaciones en la tecnología disponible para la extracción, procesamiento y distribución del gas natural.
  - Dependencia Tecnológica: Dependencia de tecnología extranjera y expertos para desarrollar la infraestructura de gas natural.
4. Barreras Socioambientales

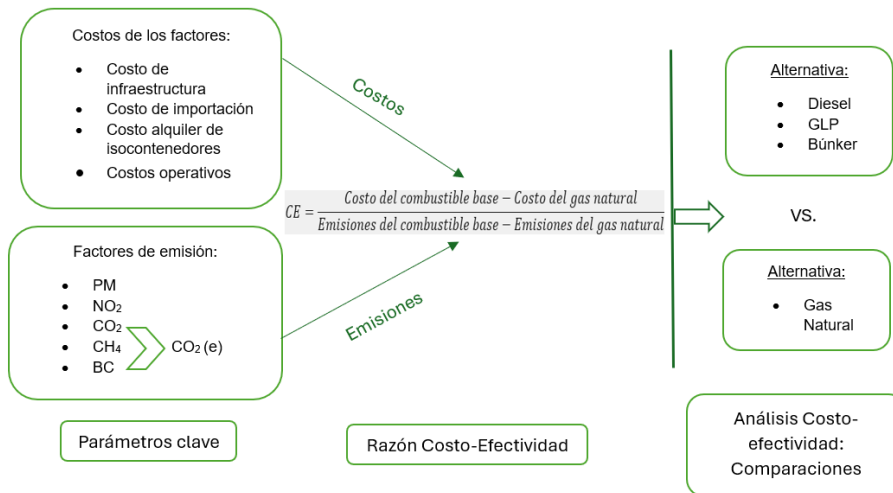
- Impacto Ambiental: Preocupaciones sobre los efectos del gas natural en el medio ambiente.
  - Aceptación Social: Resistencia o apoyo social hacia proyectos de gas natural, incluyendo aspectos de seguridad y salud pública.
5. Regulación e Institucionalidad
- Normativas Rígidas: Regulaciones estrictas que dificultan la integración del gas natural en la matriz energética.
  - Burocracia: Procesos burocráticos lentos o ineficientes que impiden el desarrollo rápido del sector.
  - Capacidad Institucional: Falta de capacidad o conocimiento especializado en instituciones clave para gestionar proyectos de gas natural.
6. Perspectivas y Propuestas
- Mejoras Sugeridas: Sugerencias y propuestas de los encuestados para superar las barreras identificadas.
  - Visión a Largo Plazo: Expectativas sobre el futuro del gas natural en Costa Rica y posibles cambios en políticas o tecnologías.

Para realizar un análisis de costo-efectividad en materia de importación de gas natural, se necesitó:

- Definir el objetivo: Establecer claramente el objetivo que se busca alcanzar con la importación de gas natural.
- Identificar alternativas: Listar todas las alternativas disponibles para alcanzar ese objetivo, incluyendo la no intervención.
- Medir costos: Calcular todos los costos asociados con cada alternativa, incluyendo costos directos, indirectos, y los costos de oportunidad.
- Medir efectividad: Determinar la efectividad de cada alternativa en términos de los beneficios esperados, como seguridad energética, reducción de emisiones, etc.
- Comparar costos y efectividad: Utilizar la fórmula de costo-efectividad para comparar cada alternativa.
- Análisis de sensibilidad: Evaluar cómo los cambios en los supuestos y los parámetros afectan los resultados del análisis.
- Consideraciones adicionales: Incluir consideraciones de equidad, accesibilidad, y otros impactos sociales o ambientales que podrían influir en la decisión final.

Para ello, se siguió el esquema que muestra la figura 7.

**Figura 7.** Mapa analítico para el análisis costo-efectividad



Fuente: elaboración propia.

## 2.2.7 Alcances y limitaciones

Se realiza un análisis de la costo-efectividad económica y ambiental del gas natural como fuente de transición energética en Costa Rica. Para ello sólo se considera la importación del gas natural, debido a que se tiene claro la existencia de una moratoria en el país sobre la exploración del gas natural.

Esta investigación presenta una serie de limitantes, las cuales se detallan a continuación.

1. Dada la escasez de recursos (económicos y temporales) sólo se puede realizar el estudio de casos de éxito de otros países enfocándose en 5 países de América Latina.
2. Al igual que en el caso anterior, dada la escasez de recursos, el grupo focal deberá de ser en formato virtual.
3. Acceso a fuentes de información o bases de datos para el cálculo de los costos de la implementación del uso del gas natural en Costa Rica.
4. Falta de acceso a actores involucrados, pues se desea realizar una metodología que implique la discusión sobre el tema gas natural en el país.

## 2.2.8 Cuadro de operacionalización

Objetivo	Pregunta(s)	Variable(s)/Dato(s)	Fuentes de Información	Método de estimación
Estudiar la experiencia de otros países que han utilizado el gas natural como parte de su matriz energética.	<p>¿Qué se encuentra en la experiencia internacional sobre el uso del gas natural?</p> <p>¿Qué han hecho otros países para introducir el gas natural?</p>	<p>Composición de la matriz energética (porcentaje que consumen de las distintas fuentes, sectores de mayor consumo)</p> <p>Origen del gas natural (importado(dónde, precio), explotación).</p> <p>Oferta y demanda de gas natural (volumen)</p>	<p>Fuentes primarias y secundarias con bases de datos como:</p> <p>Jstor, Scopus, Science Direct, Passport, Ebsco, Proquest One Academico, Google Scholar, etc.</p>	<p>Análisis documental con Atlas ti., técnicas cualitativas.</p>
Analizar la institucionalidad energética costarricense para la valoración del marco regulatorio vigente.	<p>¿Qué factores no están permitiendo que el tema del gas natural sea estudiado a nivel técnico y académico?</p> <p>¿Cuáles son caminos que pueden tomar los actores</p>	<p>Políticas y normativas (leyes, normativas, moratorias, etc).</p> <p>Tipo e influencia de las instituciones.</p> <p>Barreras de entrada.</p>	<p>Secundaria y primaria.</p>	<p>Análisis documental y entrevistas-grupos focales.</p>

	para empezar a dialogar sobre transición energética con gas natural?			
Determinar el costo-efectividad en términos socioeconómicos y ambientales del uso de gas natural como combustible de transición en Costa Rica.	¿Qué ventajas y desventajas en materia socioeconómica y ambiental se encuentran en el uso de gas natural como fuente de transición en el sector transporte costarricense? ¿Es costo-efectivo para el país, en términos ambientales y económicos, implementar el gas natural como fuente de transición?	Costos: infraestructura, operativos, suministros, transformación, importación (precios). Comparativa de precios entre las distintas fuentes energéticas y precios de transformación de vehículos. Comparativa de emisiones (porcentajes). Eficiencia energética. (rendimiento vs costo) Empleo estimado (porcentajes o números absolutos).	Primaria, y secundaria	Entrevistas y estimaciones con los costos y números de otros países, especialmente los casos centroamericanos.

Nota: elaboración propia

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

El capítulo III tiene como propósito presentar los resultados del proceso investigativo. Para ello, se ha estructurado en tres apartados, cada uno relacionado con los primeros tres objetivos específicos de la investigación. En el primer apartado, se analiza la experiencia de México, Colombia, Panamá, República Dominicana, Perú y los países de Centroamérica en el uso del gas natural, destacando los aprendizajes más relevantes.

El segundo apartado examina el marco institucional y de gobernanza del sector energético en Costa Rica, detallando las leyes, reglamentos, políticas y organizaciones que inciden en este ámbito. Además, se incluye la perspectiva de los distintos actores involucrados, aportando una visión integral sobre el tema.

Finalmente, el tercer apartado presenta los resultados del análisis de costo-efectividad del gas natural en los sectores de transporte e industria en Costa Rica, proporcionando una evaluación detallada de su viabilidad como fuente energética en estos ámbitos.

### **3.1 Experiencia Internacional en el uso del gas natural**

El primer apartado de este capítulo analiza las experiencias de México, Colombia, Panamá, República Dominicana, Perú y los países de Centroamérica en el uso del gas natural. Este estudio examina aspectos como la situación del mercado, los usos asignados, la evolución de los precios, las condiciones regulatorias y los principales actores involucrados en la cadena de valor, entre otros factores clave. El objetivo es identificar lecciones relevantes que puedan ser aplicadas al contexto costarricense. La revisión de estos casos proporciona una visión integral sobre cómo diversos marcos institucionales, políticas públicas y dinámicas de mercado han influido en la adopción del gas natural como fuente energética en sectores estratégicos.

#### **3.1.1 México**

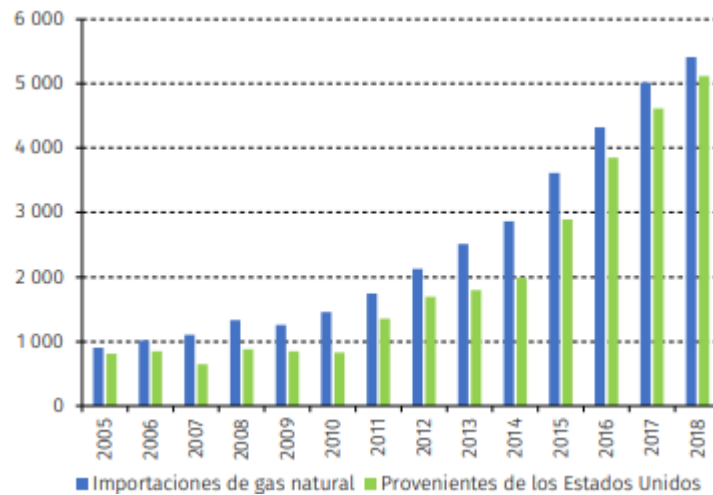
En 1945, el descubrimiento del yacimiento Misión en el norte del país marca el inicio de la historia del gas natural en México. Las actividades relacionadas con este recurso comenzaron posteriormente, con la realización de obras de reinyección en el yacimiento Poza Rica y la construcción de gasoductos entre la planta de absorción allí ubicada y el

Distrito Federal, así como entre Reynosa y Monterrey, durante el desarrollo de los campos productores de gas en el noroeste de Tamaulipas. (Márquez, 1989, p.1)

México ha consolidado el gas natural como una pieza clave en su matriz energética, representando el 48% del consumo de energía primaria desde 2014. Este recurso ha ganado relevancia en sectores como el eléctrico e industrial, aunque su dependencia de las importaciones es notable. La producción nacional, que alcanzó su pico en 2009 con 7,031 millones de pies cúbicos diarios, ha declinado de forma constante, cubriendo únicamente el 30.3% de la demanda en 2020 (Estrada et al., 2022, p.27).

Esto ha llevado a un incremento de las importaciones, que representaron el 70% del consumo total y hasta el 93% si se excluye el gas destinado a Petróleos Mexicanos (PEMEX), una empresa estatal que ha dominado la exploración, extracción, transporte y distribución del gas natural (Márquez, 1989, p. 39-41). La mayor parte del gas importado proviene de Estados Unidos, país que se ha consolidado como el principal proveedor gracias a su proximidad geográfica, precios competitivos y la infraestructura de gasoductos que conecta ambos países, tal como se muestra en la figura 8. (Estrada et al., 2022, p.9; Secretaría de Energía [SENER], 2016, p. 15)

**Figura 8.** México: Importaciones de gas natural totales y provenientes de los Estados Unidos, 2005-2018. En millones de pies cúbicos diarios.



Fuente: Tomado de Estrada et al., 2022, p.35.

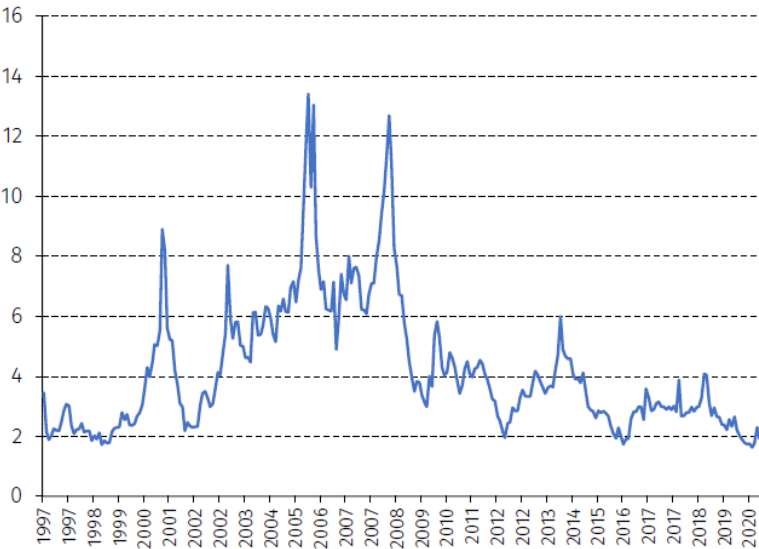
El uso del gas natural ha sido impulsado por sus beneficios económicos y medioambientales. Comparado con otros combustibles fósiles como el carbón, el gas natural genera menores emisiones de dióxido de carbono, lo que lo posiciona como un recurso esencial en la transición energética. Además, su eficiencia y precios bajos han incentivado su adopción como combustible principal en la generación eléctrica. Desde

2005, el consumo de gas natural ha superado al del petróleo en México, marcando un cambio en la matriz energética del país. Este crecimiento responde tanto a su rol como energía “puente” en la transición hacia fuentes renovables como a su accesibilidad desde mercados extranjeros (Deloitte, 2019, p. 3-4).

Los precios del gas natural en México han estado influenciados por factores internacionales y la dependencia de las importaciones. El precio de referencia más utilizado es el de Henry Hub, que ha permitido mantener competitividad frente a otras alternativas de suministro, como el gas natural licuado importado desde otros países. Sin embargo, esta dependencia también ha generado vulnerabilidades ante fluctuaciones del mercado global, especialmente considerando que el 96% de las importaciones provienen de Estados Unidos (SENER, 2016, p. 41; Estrada et. Al., 2022, p. 10).

La figura 9 ilustra la evolución de los precios en Henry Hub, donde se observa una alta volatilidad y dos tendencias contrapuestas: una ascendente hasta 2008, seguida de una caída que se mantuvo hasta 2020. El gas natural sufrió una reducción significativa en su costo, y se espera que esta tendencia continúe en las próximas décadas, según las proyecciones de la Administración de Información Energética de los Estados Unidos (US-EIA). En México, los precios del gas natural siguen de cerca los de la región sur de Estados Unidos, dado que la liberalización del comercio y la desregulación de los precios han alineado ambos mercados. (Estrada et. Al., 2022, p. 37)

**Figura 9.** Henry Hub: precio spot del gas natural, 1997-2020 (En dólares por millón de Btu)



Fuente: Tomado de Estrada et al., 2022, p.36.

En términos regulatorios, la Reforma Energética de 2013 transformó significativamente el panorama del gas natural en México. Su objetivo principal fue

modernizar el sector mediante la introducción de competencia, inversión privada y mejores prácticas regulatorias para garantizar la eficiencia y la sostenibilidad. Este cambio permitió la participación de actores privados en actividades clave de la cadena de valor, como la exploración, transporte y comercialización.

El marco regulatorio del sector del gas natural en México ha sido objeto de significativas reformas estructurales, especialmente a partir de la Reforma Energética de 2013, que introdujo cambios en la organización y funcionamiento de la industria energética. Dicho marco regula actividades clave en la cadena de valor, como exploración, extracción, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización, y se basa en una combinación de normas constitucionales, legislaciones secundarias y acuerdos administrativos.

La Constitución Política de México establece que las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos, incluido el gas natural, son estratégicas y permanecen bajo la rectoría del Estado, según los artículos 27 y 28. Sin embargo, la reforma de 2013 abrió estas actividades a la participación privada mediante asignaciones y contratos otorgados bajo diferentes modalidades, como contratos de utilidad compartida, de licencia y de servicios. Estos contratos permiten a empresas privadas colaborar en actividades previamente exclusivas del sector público, manteniendo la propiedad estatal sobre los hidrocarburos en el subsuelo (García et. al., 2021, p.5 y 6).

En términos de transporte y almacenamiento, el marco regulatorio establece principios de acceso abierto y no discriminatorio, permitiendo la participación de empresas privadas bajo supervisión de la Comisión Reguladora de Energía (CRE). La CRE emite permisos para estas actividades y establece disposiciones que aseguran la calidad, seguridad y transparencia en la prestación de servicios. Por ejemplo, en 2016, se emitieron disposiciones generales para garantizar acceso abierto en la infraestructura de transporte y almacenamiento de gas natural, consolidando así un mercado competitivo (SENER, 2016, p.18).

En la distribución y comercialización, también supervisadas por la CRE, se busca proteger a los consumidores finales y garantizar precios competitivos. La comercialización incluye la compraventa de hidrocarburos y servicios relacionados, mientras que la distribución puede realizarse mediante ductos y otros medios aprobados por las disposiciones regulatorias. Este enfoque regulador asegura que las actividades de mayor sensibilidad económica, como el transporte y la distribución, se lleven a cabo bajo esquemas que prioricen el acceso equitativo y eficiente a los recursos energéticos ((SENER, 2016, p.20).

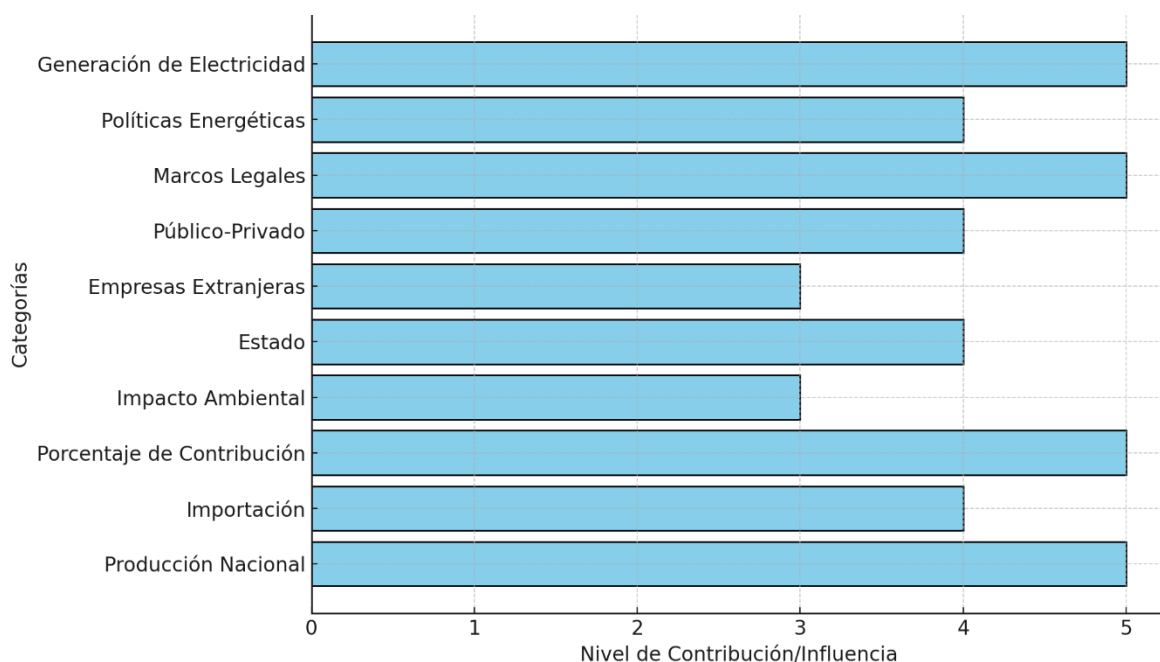
No obstante, a pesar de los esfuerzos para fomentar un mercado competitivo, algunas actividades específicas dentro de la cadena de valor, como la transmisión y distribución de electricidad, permanecen como monopolios estatales bajo la responsabilidad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), según lo establece el artículo 28 constitucional. Este modelo mixto refleja la intención de combinar elementos de mercado con la rectoría estatal en áreas consideradas estratégicas (García et. al., 2021, p.3).

Los principales actores en el mercado del gas natural en México incluyen a PEMEX, que sigue desempeñando un papel importante en la producción y comercialización, y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que es el mayor consumidor de gas en el país. Además, empresas privadas han ingresado al mercado gracias a las reformas regulatorias, especialmente en áreas como la distribución y el transporte. Estados Unidos, por su parte, se ha consolidado como el principal proveedor externo de gas, destacándose por su capacidad para ofrecer volúmenes significativos a precios competitivos a través de su red de gasoductos. Esta dinámica ha establecido una fuerte dependencia de México hacia el mercado estadounidense, lo que representa tanto oportunidades como desafíos en el contexto de la transición energética global (Estrada et al., 2022, p. 10; Deloitte, 2019, p. 4).

En síntesis, el desarrollo del mercado de gas natural en México refleja un proceso de transformación energética con avances significativos en regulación y competitividad, aunque todavía enfrenta retos estructurales. La creciente dependencia de las importaciones, la falta de diversificación de las fuentes de suministro y los desafíos ambientales asociados a los combustibles fósiles resaltan la necesidad de un enfoque más estratégico para consolidar una matriz energética más equilibrada y sostenible en el futuro.

Al realizar el análisis de la literatura en ATLAS TI, se obtiene la figura 10, que muestra las categorías clave relacionadas con el uso del gas natural en el país y su nivel de contribución o influencia dentro del análisis cualitativo realizado en el software Atlas TI. Cada categoría se evalúa en una escala del 0 al 5, donde valores más altos indican una mayor relevancia en las dinámicas del sector.

**Figura 10.** México: Análisis cualitativo de la contribución y dinámicas del gas natural



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detalla la interpretación de los resultados:

La producción nacional de gas natural en México muestra una contribución media-alta (~4). Si bien el país cuenta con importantes yacimientos, como los ubicados en la Cuenca de Burgos y Veracruz, las limitaciones de infraestructura, los altos costos de extracción y la falta de inversión han restringido el desarrollo pleno de su capacidad productiva.

La importación de gas natural destaca como la categoría de mayor influencia (~5), reflejando la significativa dependencia de México de suministros externos, principalmente provenientes de Estados Unidos. Esta situación ha permitido satisfacer la creciente demanda del sector energético, pero plantea riesgos importantes en términos de seguridad energética y sostenibilidad a largo plazo.

El gas natural es el principal insumo energético para la generación de electricidad en México, representando más del 50% de la matriz energética. Este papel estratégico se evidencia en un nivel de contribución elevado (~4.5), lo que subraya su importancia en la transición energética hacia fuentes más limpias.

Con un nivel de influencia moderado (~3), el impacto ambiental del gas natural es reconocido como menor en comparación con otros combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. Esto lo posiciona como una opción transicional en la búsqueda de metas de sostenibilidad ambiental, aunque no está exento de críticas debido a su naturaleza fósil.

El análisis evidencia un equilibrio en la contribución de los actores involucrados:

- Estado y Empresas Extranjeras muestran una influencia moderada (~3.5 cada uno). Esto refleja el papel histórico de Pemex en la producción nacional y la creciente participación de actores privados, especialmente en la importación y distribución de gas natural.

- Público-Privado alcanza un nivel de contribución alto (~4), destacando la importancia de las alianzas en el desarrollo de infraestructura clave, como gasoductos y terminales de gas natural licuado (GNL).

Las reformas energéticas de 2013 y 2021 han sido fundamentales para abrir el sector a la inversión privada y fomentar la competitividad. Tanto los marcos legales como las políticas energéticas presentan niveles altos de contribución (~4 cada uno), subrayando su importancia en la modernización del sector y en la promoción del gas natural como un insumo clave para la transición energética.

La categoría con mayor nivel de contribución (~5) es la generación de electricidad. Este sector consume la mayor parte del gas natural en México, utilizado principalmente en plantas de ciclo combinado para producir electricidad de manera más eficiente y con menores emisiones de carbono en comparación con otros combustibles fósiles.

### 3.1.2 Colombia

El gas natural ocupa un lugar destacado en el panorama energético de Colombia, tanto por su contribución al desarrollo económico como por su importancia en la transición energética hacia fuentes más sostenibles.

La introducción del gas natural en Colombia tiene su origen en el descubrimiento de los campos de Santander. (Guerrero y Llano, 2003, p.123) A partir de 1961, se comenzó a reconocer el valor del gas, lo que se reflejó en la legislación colombiana. La Ley 10 de 1961 marcó un hito al prohibir explícitamente la quema del gas, medida que posteriormente fue ratificada mediante el decreto 1873 de 1973. (Guerrero y Llano, 2003, p.123)

Colombia produce gas natural a partir de reservas ubicadas principalmente en los departamentos de Casanare, La Guajira, Córdoba y Sucre, que concentran más del 80% de las reservas probadas. En 2022, las reservas probadas se situaron en 2.817 giga pies cúbicos, suficientes para 7.2 años al ritmo de consumo actual (Ruíz, 2023, p. 12).

El país ha adoptado una estrategia de autarquía energética, complementando su producción local con la importación de gas natural licuado (GNL) desde Estados Unidos y otros países. Además, existe una limitada exportación hacia Venezuela y otras naciones

vecinas (ANH, 2024, p. 3). Los principales usos del gas natural incluyen el consumo residencial (22%), industrial (35%) y generación de energía eléctrica (20%) (Ruiz, 2023, p. 9).

El gas natural es considerado un combustible de transición debido a su menor emisión de gases de efecto invernadero en comparación con el carbón y el petróleo (Di Sbroiavacca et al., 2019, p. 5). Históricamente, su uso se incrementó en las décadas de 1970 y 1980 como respuesta a la necesidad de diversificar la matriz energética y aprovechar los yacimientos locales (Guerrero y Llano, 2003, p. 118).

En la actualidad, el gas natural se promueve como una opción intermedia hacia la descarbonización, alineándose con los compromisos climáticos internacionales de Colombia (Ruiz, 2023, p. 12). Su rol como un recurso estratégico también lo posiciona como un eje clave para mantener la competitividad industrial.

Los precios del gas natural son determinados en parte por el mercado y en parte por regulaciones gubernamentales. La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) establece tarifas diferenciadas por sectores y volúmenes de consumo (CREG, 2023, p. 18). En 2021, los precios para el consumo residencial oscilaron entre 17.644 COP y 71.548 COP, dependiendo del estrato socioeconómico (Ruiz, 2023, p. 25), según se muestra en la figura 11.

**Figura 11.** Colombia: Tarifa a los usuarios residenciales por estrato (diciembre de 2021). Factura en COP por mes.

Empresa	Estrato 1 (20 m <sup>3</sup> )	Estratos 3 y 4	Estratos 5 y 6
Alcanos	21.670	59.623	71.548
Efigas	18.689	44.610	53.532
EPM	18.342	42.946	51.535
Gases de La Guajira	18.515	44.872	53.847
Gases del Caribe	19.743	49.358	59.230
Gasorient	16.469	41.173	49.408
GdO	20.790	52.236	62.683
Llanogas	13.760	35.845	43.014
Metrogas	12.154	43.903	52.684
Surtigas	16.129	37.688	42.089
Vanti	17.826	42.948	51.538
<b>Promedio</b>	<b>17.644</b>	<b>45.018</b>	<b>53.737</b>

Fuente: Tomado de Ruiz, 2023, p.25

En el sector industrial, los precios han sido más competitivos, lo que ha incentivado el uso del gas natural como insumo energético para procesos industriales (ANH, 2024, p. 4), como se muestra en la figura 12.

**Figura 12.** Colombia: Tarifa a usuarios no residenciales (diciembre de 2021). Factura en COP por mes.

Empresa	Sector comercial (300 m <sup>3</sup> )	Industrial regulado (25.000 m <sup>3</sup> )	Industrial no regulado (300.000 m <sup>3</sup> )
Alcanos	819	68.114	
Efigas	626	51.917	598.910
EPM	554	45.891	550.648
Gases del Caribe	648	48.625	522.900
Gases de La Guajira	578	47.651	
Gasorient	563	46.758	561.068
GdO	715	57.611	694.632
Surtigas	534	44.250	530.964
Vanti	599	49.648	62.683
<b>Promedio</b>	<b>626</b>	<b>51.163</b>	<b>579.267</b>

Fuente: Tomado de Ruiz, 2023, p.26

El mercado del gas en Colombia combina elementos regulados y no regulados. La cadena de producción y transporte está sujeta a supervisión estatal, mientras que la comercialización para grandes consumidores es libre. La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) desempeña un papel clave en la planificación del sector, mientras que la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) administra los contratos de exploración y producción.

En 2024, se implementó un nuevo sistema de captura y consolidación de datos de producción para mejorar la transparencia y eficiencia del mercado (Ministerio de Minas y Energía, 2024, p. 3).

Los principales actores incluyen a Ecopetrol, responsable de más del 70% de la producción, y Promigas y TGI, que lideran el transporte y distribución. Otras empresas privadas y estatales han participado en la expansión de infraestructura, como la planta regasificadora de GNL en Cartagena, operada por Promigas (Di Sbroiavacca et al., 2019, p. 21).

Colombia enfrenta retos en la sostenibilidad de sus reservas de gas natural, lo que obliga al país a explorar nuevas estrategias para garantizar el suministro a largo plazo. A pesar de estas limitaciones, el gas natural sigue siendo un eje estratégico en su matriz energética, con un impacto significativo en la competitividad industrial y la transición hacia fuentes más limpias de energía.

### 3.1.3 Panamá

Panamá no produce gas natural, lo que la convierte en un importador neto de este recurso energético. El país importa gas natural licuado (GNL) principalmente de Estados Unidos, utilizando su cercanía geográfica y las capacidades del Canal de Panamá para facilitar el transporte marítimo. El gas natural se utiliza principalmente para la generación de electricidad y, en menor medida, en el sector industrial y de transporte. Entre los principales consumidores se encuentran las plantas termoeléctricas, como la ubicada en Colón, que ha sido fundamental en la diversificación de la matriz energética del país desde 2018 (Ayala, 2023, p. 127; Orillac, 2021, p. 11).

La historia del gas natural en Panamá ha sido un proceso de transformación energética significativo, marcado por hitos importantes que han contribuido al desarrollo económico y a la diversificación de la matriz energética del país. La inauguración de la primera planta de generación de energía a base de gas natural en la región de Colón en 2018, como menciona García (2020), fue un punto de inflexión en la incorporación de esta fuente de energía en Panamá. AES Panamá (2019) resalta que esta inauguración marcó un hito importante en la diversificación de la matriz energética de Panamá. Panamá también explora convertirse en un hub de redistribución de GNL hacia otros países de Centroamérica, apoyándose en su infraestructura de almacenamiento y regasificación (Orillac, 2021, p. 14).

Según datos proporcionados por el Ministerio de Energía de Panamá (Ministerio de Energía, 2019), la construcción de la planta de gas natural en Colón generó entre 1,500 y 2,000 empleos, lo que representó una contribución significativa al desarrollo económico y la generación de oportunidades laborales en el país. Este proyecto no solo impulsó la industria energética, sino que también tuvo un impacto positivo en la economía nacional.

El gas natural se considera un combustible de transición en Panamá. Históricamente, el país dependía de combustibles fósiles como el diésel y el fuel oil. Desde 2018, su integración en la matriz energética ha respondido a la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y diversificar las fuentes de energía, alineándose

con los compromisos internacionales en sostenibilidad (Ayala, 2023, p. 129; Carles, 2021, p. 15).

El gas natural ha demostrado ser una alternativa más económica y ambientalmente amigable que otros combustibles fósiles, reforzando su papel estratégico en la transición energética del país (Carles, 2021, p. 16).

Con el segundo proyecto de planta de generación térmica a gas natural que se está desarrollando en Colón, Panamá ha establecido un contrato de suministro de combustible a largo plazo, asegurando estabilidad y competitividad en los precios del mercado. Esta medida se fundamenta en el uso de gas proveniente de Estados Unidos, el principal exportador mundial de gas natural líquido junto con Qatar. Esto ha permitido estabilidad en los costos energéticos para el sector eléctrico e industrial (Ley 2018, p. 5; Ayala, 2023, p. 129).

La implementación de este contrato, junto con la operación de AES Colón, una planta de energía de 381 MW alimentada por gas natural inaugurada en 2018, ha generado ahorros sustanciales para el país. Estos ahorros, que superan los US\$150 millones anuales, equivalen a aproximadamente US\$3 mil millones en un periodo de 20 años, en comparación con los costos de generación utilizando "fuel oil" y gas natural líquido a precios de mercado. (Rubiolo, 2022, par.1)

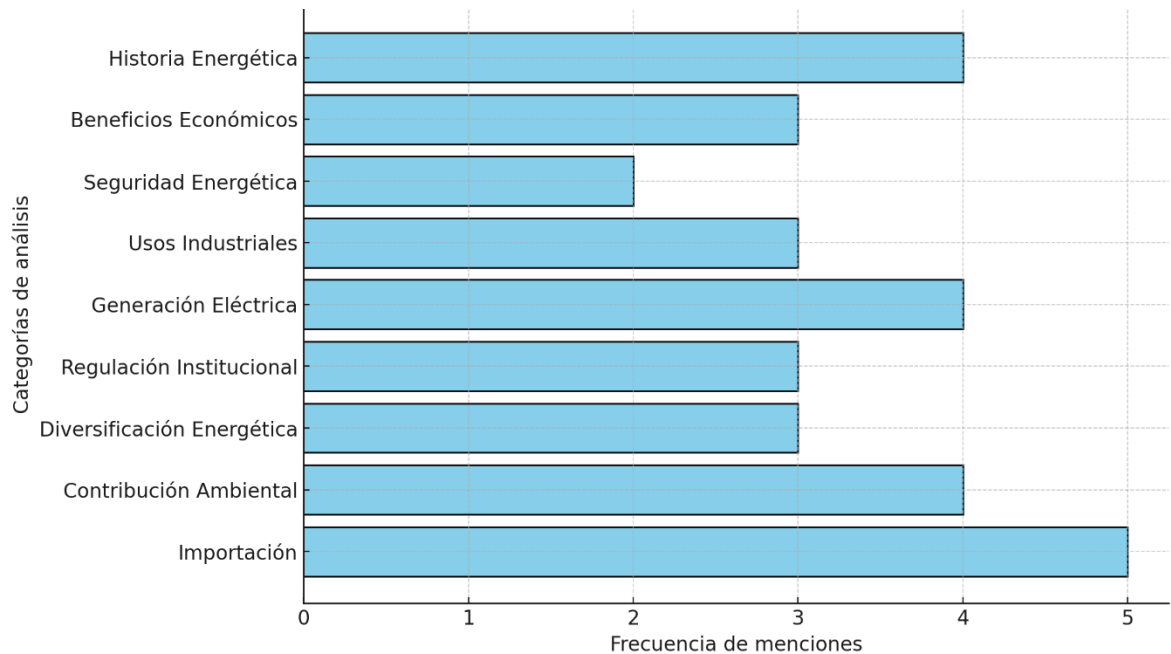
Además de los beneficios económicos, estas inversiones también desempeñan un papel crucial en la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se estima que ambas plantas generadoras permiten una reducción anual de más de 2200 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, gracias al uso de gas natural, un combustible más ecológico en comparación con las alternativas convencionales.

El mercado del gas natural en Panamá está regulado bajo un marco legislativo robusto, como lo establece la Ley de Gas Natural de 2018. Esta normativa regula actividades como la importación, almacenamiento, transporte y distribución del gas natural, promoviendo principios de acceso abierto, competencia económica y eficiencia (Escala, 2017, p. 13; Ley 2018, p. 6). Los órganos rectores, la Secretaría Nacional de Energía y la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos, supervisan la implementación de estas regulaciones, asegurando la calidad y la seguridad del suministro (Escala, 2017, p. 14).

Al realizar el análisis de la literatura en ATLAS TI, se obtiene la figura 13, que muestra las categorías clave relacionadas con el uso del gas natural en el país y su nivel de contribución o influencia dentro del análisis cualitativo realizado en el software Atlas TI. Cada categoría se evalúa en una escala del 0 al 5, donde valores más altos indican una

mayor relevancia en las dinámicas del sector. A continuación, se detalla la interpretación de los resultados:

**Figura 13.** Panamá: Análisis cualitativo sobre su experiencia en el uso de gas natural



Fuente: elaboración propia

Entre las categorías más mencionadas se encuentra Importación, reflejando la dependencia del gas natural importado como un componente esencial en la matriz energética panameña. Esto subraya la importancia de establecer contratos estratégicos y una infraestructura robusta para garantizar el suministro estable de este recurso.

Otra categoría destacada es Generación Eléctrica, lo que confirma el papel predominante del gas natural en la producción de electricidad, consolidándolo como un combustible clave para la estabilidad y diversificación del sistema energético del país. Asimismo, Contribución Ambiental ocupa un lugar central, resaltando los beneficios en términos de reducción de emisiones de carbono y su impacto positivo en la sostenibilidad ambiental.

Por otro lado, la figura 13 también refleja el énfasis en la Diversificación Energética y la Regulación Institucional, evidenciando cómo Panamá ha avanzado en la creación de políticas y marcos regulatorios que promuevan el desarrollo y uso eficiente del gas natural. Categorías como Usos Industriales y Seguridad Energética también destacan, indicando áreas de oportunidad y retos para expandir su impacto y garantizar su disponibilidad a largo plazo.

### 3.1.4 República Dominicana

El mercado de gas natural en República Dominicana opera como un sistema dependiente de importaciones, ya que el país no produce este recurso de manera interna. Las principales fuentes de importación son Estados Unidos y, en menor medida, otros países productores (Vallejo, 2024, par.15; Tejeda, 2023, par.12). El gas natural no se exporta, dado que su uso está orientado al consumo local.

El gas natural es utilizado predominantemente en la generación eléctrica, representando cerca del 40% de la electricidad producida en el país. Además, su consumo se ha expandido hacia sectores industriales clave, como la manufactura, el turismo y la producción de cemento (BCIE, 2019, p. 2; Tejeda, 2023, p. 2). Entre los principales consumidores figuran empresas de generación eléctrica como Energas y AES Dominicana, así como el sector hotelero e industrial (AES, s.f, par. 3; Tejeda, 2023, p. 2).

La infraestructura y las inversiones han fortalecido esta apuesta, como es el caso de las plantas de ciclo combinado de AES y la reconversión de unidades de generación de diésel a gas natural, que han permitido reducir significativamente las emisiones de dióxido de carbono (AES, s.f., p. 4; Vallejo, 2024, p. 4).

En cuanto a los precios, el gas natural ha mostrado fluctuaciones asociadas a la volatilidad de los mercados internacionales, especialmente tras eventos como la invasión de Rusia a Ucrania. Entre 2021 y 2022, los precios experimentaron incrementos significativos, pasando de aproximadamente 28 a 43 dólares por barril de equivalencia energética (Tejeda, 2023, p. 3). Esto ha llevado a que el país contemple mejorar su capacidad de almacenamiento y diversificación de proveedores.

El mercado del gas natural en República Dominicana opera bajo un esquema regulado en algunos aspectos, aunque carece de un marco legal unificado. Las regulaciones existentes son emitidas principalmente por el Ministerio de Industria y Comercio y están enfocadas en otorgar licencias y garantizar la libre importación del recurso. Sin embargo, la ausencia de un ente regulador autónomo dificulta la implementación de políticas más estables y predecibles (BCIE, 2019, p. 6; Tejeda, 2023, p. 2).

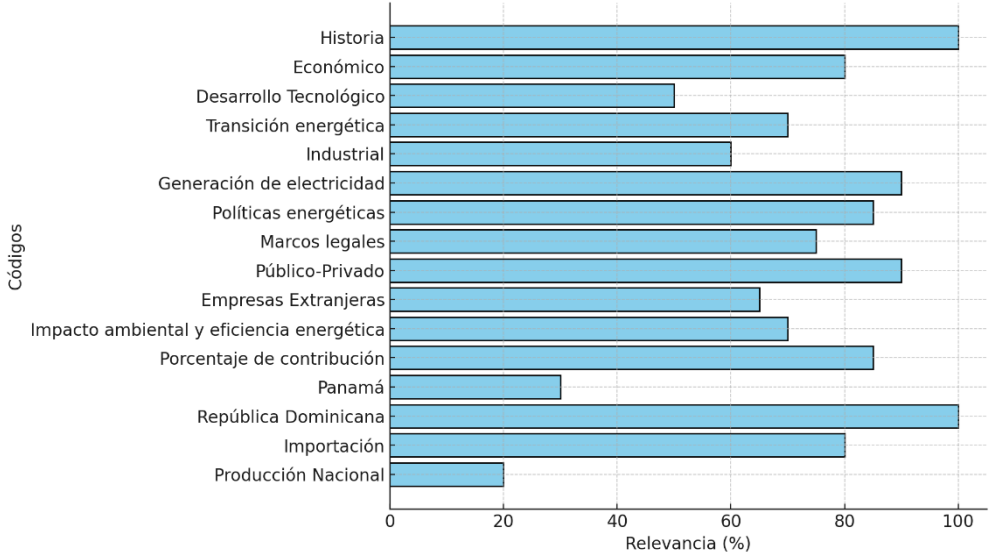
Entre los principales actores destacan AES Dominicana y Energas, que han liderado la transformación de la matriz energética hacia el uso de gas natural. AES introdujo el gas al país hace más de dos décadas, mientras que Energas ha ampliado su capacidad de generación en el este del país. Juntos, han implementado proyectos como el gasoducto del

este y la alianza EnaDom, que han permitido reducir costos energéticos y emisiones (AES, 2022, p. 3; Vallejo, 2024, p. 4).

La experiencia de República Dominicana en el uso del gas natural refleja un esfuerzo significativo por diversificar su matriz energética y transitar hacia fuentes menos contaminantes. A pesar de los retos regulatorios y económicos, el gas ha consolidado su posición como un pilar en la generación eléctrica y como una herramienta clave en la transición energética del país. Sin embargo, para alcanzar objetivos de sostenibilidad a largo plazo, será crucial acelerar el desarrollo de energías renovables y garantizar un marco regulatorio más robusto.

Al realizar el análisis de la literatura en ATLAS TI, se obtiene la figura 14, que muestra las categorías clave relacionadas con el uso del gas natural en el país y su nivel de contribución o influencia dentro del análisis cualitativo realizado en el software Atlas TI. Cada categoría se evalúa en una escala del 0 al 5, donde valores más altos indican una mayor relevancia en las dinámicas del sector. A continuación, se detalla la interpretación de los resultados:

**Figura 14.** República Dominicana: Análisis cualitativo, relevancia de los códigos en la experiencia del gas natural



Fuente: elaboración propia

La figura 14 muestra que Historia, cuenta con un 100 % de relevancia, destaca el papel central de hitos como la introducción de AES Andrés en 2003, que marcó un cambio significativo hacia la diversificación energética. Este antecedente histórico no solo evidencia los esfuerzos iniciales por reducir la dependencia del petróleo, sino también la visión estratégica de utilizar el gas natural como un recurso de transición.

En paralelo, el uso del gas natural para la generación de electricidad (90 %) subraya su rol como la principal aplicación de este combustible en la República Dominicana. Actualmente, el gas natural representa aproximadamente el 40 % de la generación eléctrica, consolidándose como el pilar energético que sostiene la estabilidad del sistema eléctrico. Este porcentaje, sumado a su contribución en la matriz energética (85 %), destaca cómo este recurso ha reducido la intensidad de las emisiones y mejorado la eficiencia energética, aunque aún se enfrenta a desafíos de sostenibilidad a largo plazo.

Por otro lado, las políticas energéticas y los marcos legales (85 % y 75 %, respectivamente) resaltan la importancia de la regulación en el desarrollo del sector. Sin embargo, se señala que el marco regulatorio actual, basado en normas ministeriales, limita la estabilidad y previsibilidad necesarias para atraer inversiones sostenibles.

### 3.1.5 Perú

El mercado del gas natural en Perú ha experimentado un desarrollo significativo desde la implementación del Proyecto Camisea en 2004, que marcó un punto de inflexión en la transformación de la matriz energética del país. Este proyecto permitió a Perú convertirse en un productor relevante de gas natural, con sus principales reservas concentradas en la Cuenca Ucayali, específicamente en los lotes 88, 56 y 57. Estas reservas son consideradas estratégicas, tanto para el consumo interno como para la exportación (Asociación Peruana de Profesionales de Hidrocarburos y Energía, 2023, p. 20; Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinergmin], 2014, p. 78).

La exportación se realiza principalmente en forma de gas natural licuado (GNL) a través de la planta de licuefacción Melchorita, mientras que la distribución interna abarca sectores clave como generación eléctrica, industria, transporte y uso residencial. Según Promigas Perú (2023), el consumo interno de gas natural ha crecido a una tasa promedio anual del 2%, alcanzando los 1,202 millones de pies cúbicos diarios en 2022 (p. 67).

A finales del lustro 2018–2022, el gas natural con una participación de 29 %, se consolidó como la segunda fuente de la canasta energética peruana, desplazando así a la hidroelectricidad que por varios años ocupó esta posición detrás del petróleo. (Promigas Perú, 2023, p.67)

El transporte está liderado por Transportadora de Gas del Perú (TGP), que opera la red principal de ductos. La distribución está a cargo de concesionarios como Cálidda (Lima y Callao), Quavii (norte y sur del país) y Contugas (Ica). A pesar de contar con un marco de libre competencia en algunas actividades, el sector está sujeto a regulaciones en precios y

acceso para asegurar la masificación y equidad en el uso del gas (Promigas Perú, 2023, p. 75; Osinergmin, 2021, p. 75).

El gas natural ha sido clave en la diversificación energética del Perú, consolidándose como un combustible de transición. Su bajo costo y menor impacto ambiental lo posicionan como una opción preferida frente a combustibles líquidos y carbón. Según Osinergmin (2021), desde el año 2000, el gas natural ha reducido significativamente la dependencia del petróleo y ha diversificado la matriz energética, especialmente en el sector eléctrico, donde su participación pasó del 4% en 2000 al 38% en 2019 (p. 18).

Las plantas de ciclo combinado, que emplean gas natural como combustible principal, han permitido producir electricidad de manera eficiente, con menores costos y un impacto ambiental reducido en comparación con los combustibles líquidos. Este uso ha diversificado la matriz energética y fortalecido la seguridad energética del país, especialmente en Lima y otras ciudades principales (Osinergmin, 2014, p. 86; Promigas Perú, 2023, p. 75).

Además de la generación eléctrica, el gas natural tiene una presencia destacada en el sector industrial, particularmente en actividades manufactureras, químicas y cementeras. Su competitividad en costos y estabilidad como fuente de energía limpia lo convierten en una opción preferida para procesos industriales intensivos, representando cerca del 14% del consumo total (Promigas Perú, 2023, p. 67; Osinergmin, 2021, p. 134).

El sector transporte también se ha beneficiado significativamente del uso del gas natural, especialmente en forma de Gas Natural Vehicular (GNV). Este combustible es una alternativa popular entre las flotas de taxis y transporte público debido a su bajo costo operativo y menor impacto ambiental en comparación con la gasolina o el diésel. Se estima que el transporte consume alrededor del 6% de la producción nacional de gas, contribuyendo a una movilidad más sostenible en el país (Promigas Perú, 2023, p. 76; Osinergmin, 2014, p. 142).

En el ámbito residencial y comercial, el gas natural se utiliza principalmente para actividades como cocinar, calefacción y calentamiento de agua. Aunque este segmento representa aproximadamente el 2% del consumo total, su adopción ha crecido gracias a programas como BonoGas, que han conectado a más de un millón de hogares y negocios pequeños a la red de gas natural. Estas iniciativas han mejorado la calidad de vida de los peruanos al proporcionar un combustible económico, seguro y eficiente (Promigas Perú, 2023, p. 15; Osinergmin, 2021, p. 127).

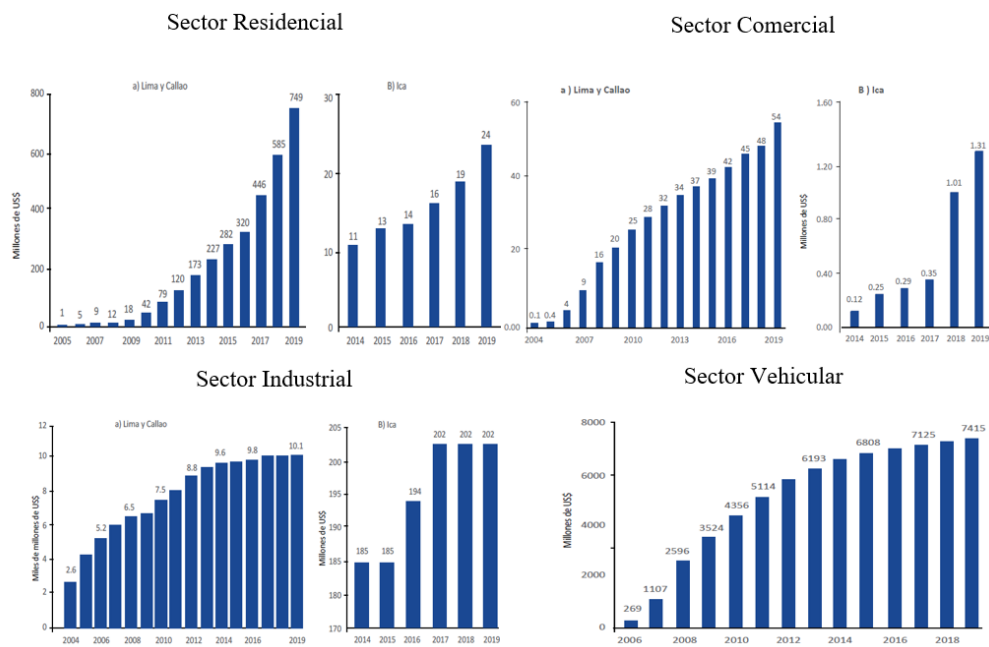
Finalmente, una parte importante del gas natural producido en el Perú se destina a la exportación, especialmente en forma de Gas Natural Licuado (GNL). Las exportaciones, lideradas por la planta Melchorita, representan una fuente significativa de divisas para el país, aunque el abastecimiento interno sigue siendo una prioridad para garantizar el desarrollo de los mercados locales (Osinermin, 2014, p. 156; Promigas Perú, 2023, p. 101).

Históricamente, su adopción se ha vinculado a estrategias para mitigar el cambio climático y a iniciativas internacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La transición hacia energías renovables ha sido facilitada por el uso de gas natural como un recurso más limpio y eficiente (Osinermin, 2014, p. 190). “Los impactos no solamente han significado un ahorro monetario por la sustitución directa del GN en lugar de los combustibles fósiles tradicionales, sino que han permitido contribuir con la lucha contra el cambio climático mediante la mitigación de GEI” (Osinermin, 2014, p.205).

En cuanto a precios, el mercado peruano ha logrado mantener una relativa estabilidad gracias a contratos a largo plazo y políticas regulatorias. Según Promigas Perú (2023), las tarifas residenciales oscilaron entre 12 y 22 USD/MMBtu en 2022, variando según la región y el tipo de usuario (p. 9). Los precios para la industria y generación eléctrica se han mantenido competitivos frente a otros combustibles fósiles como el petróleo.

Sin embargo, el contexto internacional influye en las variaciones de precios, especialmente debido a la vinculación con el índice Henry Hub y otros factores globales como la oferta y demanda de GNL (Osinermin, 2021, p. 127). A pesar de estos desafíos, el gas natural sigue siendo una opción económicamente viable y ambientalmente favorable en comparación con otros combustibles, representando ahorros monetarios en cada uno de los sectores, a quienes deciden trasladarse de la fuente fósil tradicional (GLP, carbón, búnker, gasolina) a gas natural, como se muestra en la figura 15.

**Figura 15.** Perú: Evolución del ahorro monetario al trasladarse a gas natural en cada uno de los sectores (en millones de US\$).



Fuente: Tomado de Osinermin, 2021, p.135-141

El sector del gas natural en Perú opera bajo un marco regulatorio mixto. Aunque las actividades de exploración y producción están relativamente liberalizadas, el transporte y la distribución están estrictamente regulados para garantizar accesibilidad y equidad en el acceso al recurso. El marco regulatorio del gas natural en Perú busca garantizar un desarrollo sostenible, fomentar la inversión y asegurar el acceso equitativo. La Ley de Hidrocarburos (D.S. N.º 26221) regula la exploración, producción y comercialización, promoviendo transparencia y competitividad. Por su parte, la Ley de Masificación del Uso de Gas Natural (Ley N.º 29969) impulsa su expansión mediante transporte virtual y financiamiento para conexiones residenciales y comerciales (Osinermin, 2014, p. 90; Osinermin, 2021, p. 75).

El transporte y distribución están regulados por la Ley N.º 27133, que fomenta la inversión en infraestructura con contratos de concesión, mientras que las tarifas, supervisadas por Osinermin, equilibran costos y accesibilidad (Promigas Perú, 2023, p. 67; Osinermin, 2014, p. 97). La seguridad operativa se garantiza mediante el Reglamento de Seguridad en Hidrocarburos (D.S. N.º 081-2007-EM), que minimiza riesgos para las comunidades y trabajadores (Osinermin, 2014, p. 120).

En exportaciones, contratos priorizan el mercado interno antes de autorizar volúmenes significativos al exterior, asegurando el impacto positivo en la economía local

(Osinermin, 2014, p. 156). Osinermin regula, fiscaliza y supervisa todo el sector, asegurando cumplimiento normativo y adaptándose a desafíos como la transición energética y situaciones extraordinarias como la pandemia de COVID-19 (Osinermin, 2021, p. 127).

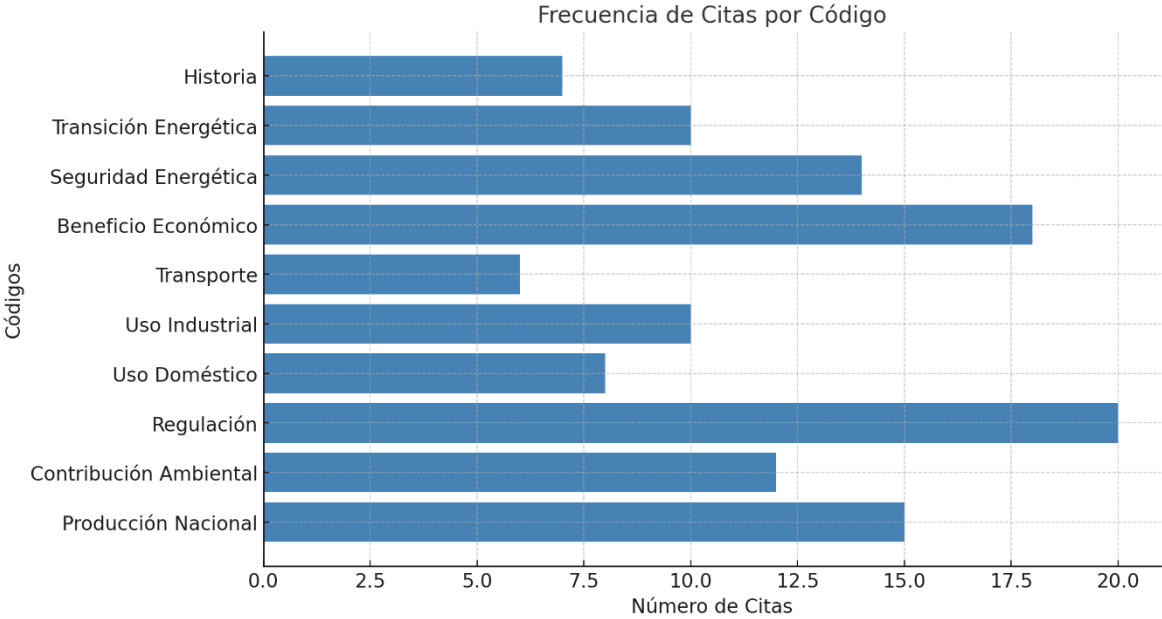
El programa BonoGas, supervisado por Osinermin, facilita el acceso residencial mediante subsidios, beneficiando a más de un millón de hogares. Además, la Ley del Canon Gasífero (Ley N.º 27506) redistribuye ingresos hacia regiones productoras como Cusco, financiando su desarrollo (Promigas Perú, 2023, p. 15; Osinermin, 2021, p. 127).

Entre los principales actores del mercado del gas natural en Perú se encuentran:

- Productores: Pluspetrol, Repsol y CNPC operan en los lotes clave de la Cuenca Ucayali, destacando como los principales proveedores de gas natural (Asociación Peruana de Profesionales de Hidrocarburos y Energía, 2023, p. 20; Osinermin, 2014, p. 78).
- Transportistas: TGP gestiona la infraestructura de gasoductos, garantizando el transporte eficiente del recurso desde los campos de producción hasta los centros de consumo (Osinermin, 2014, p. 78).
- Distribuidores: Empresas como Cálidda, Quavii y Contugas lideran la distribución en sus respectivas concesiones, abarcando desde grandes ciudades hasta zonas más remotas (Promigas Perú, 2023, p. 75; Osinermin, 2021, p. 75).
- Reguladores: Osinermin es responsable de la regulación, supervisión y fiscalización del sector, estableciendo las tarifas y supervisando las condiciones de seguridad y servicio (Osinermin, 2014, p. 95).

La figura 16 ofrece un análisis detallado de los temas más relevantes en la experiencia de Perú en el uso del gas natural, destacando aquellos aspectos que han recibido mayor atención en la literatura y los documentos analizados. Este gráfico permite identificar las áreas clave en las que se ha enfocado el desarrollo y los desafíos del sector gasífero en el país.

**Figura 16.** Perú: Frecuencia por código en el análisis cualitativo del gas natural (por frecuencia)



Fuente: elaboración propia

Uno de los códigos más destacados es regulación, con la mayor cantidad de menciones. Esto evidencia que el marco regulatorio, las políticas energéticas y la supervisión institucional son fundamentales para el desarrollo del sector gasífero en Perú. Organismos como Osinergmin han desempeñado un papel clave en garantizar la estabilidad normativa, la transparencia en las operaciones y la atracción de inversiones, elementos esenciales para la expansión del uso del gas natural en el país. Además, la regulación es crítica para promover el equilibrio entre los intereses nacionales y las demandas del mercado, un desafío constante en el sector energético.

Otro código significativo es producción nacional, que refleja la importancia del gas natural como recurso local. El proyecto Camisea ha sido el pilar del desarrollo energético de Perú, representando el 90% de las reservas nacionales y garantizando la autosuficiencia energética del país. Este código también resalta cómo la producción nacional no solo satisface las necesidades internas, sino que también posiciona al Perú como un exportador clave en la región.

El impacto del gas natural en la contribución ambiental también es evidente. Este código pone de manifiesto los beneficios del gas como un recurso menos contaminante que otros combustibles fósiles, lo que lo convierte en una herramienta esencial para la transición energética del país. Su capacidad para reducir las emisiones de dióxido de carbono y

mejorar la eficiencia en la generación eléctrica subraya su rol en los esfuerzos por cumplir con los compromisos climáticos internacionales.

En términos de uso, los códigos uso industrial y uso doméstico destacan como áreas clave de consumo. El gas natural se utiliza extensivamente en la generación de electricidad y en sectores como la minería, que dependen de fuentes de energía estables y económicas. A nivel doméstico, programas como BonoGas han permitido que más de un millón de hogares accedan al gas natural, lo que ha mejorado significativamente la calidad de vida y reducidos costos energéticos para las familias peruanas.

El código seguridad energética refleja una preocupación importante: la necesidad de garantizar la sostenibilidad del recurso a largo plazo. Esto incluye asegurar reservas probadas para los próximos 30 años y desarrollar infraestructura como el Gasoducto Sur Peruano para expandir la cobertura en todo el país. Esta prioridad está estrechamente vinculada con el código de Transición Energética, que resalta la necesidad de integrar el gas natural con fuentes renovables para lograr una matriz energética más diversificada y sostenible, en línea con la meta de carbono neutralidad para 2050.

Por último, los códigos beneficio económico e historia ofrecen una perspectiva más amplia sobre el impacto del gas natural. Los beneficios económicos incluyen ahorros significativos para hogares e industrias, así como ingresos para el Estado a través de regalías e impuestos. La historia del sector, por otro lado, muestra cómo el desarrollo del gas natural ha transformado la matriz energética del Perú y ha sentado las bases para su futuro energético.

En conjunto, el análisis del gráfico revela que el gas natural es un recurso estratégico para Perú, no solo por sus beneficios económicos y ambientales, sino también por su capacidad para fomentar la equidad energética y apoyar la transición hacia un modelo más sostenible. Sin embargo, también pone en evidencia desafíos clave, como la necesidad de mejorar la infraestructura, garantizar la seguridad energética y avanzar hacia una mayor integración con fuentes renovables. Estos hallazgos subrayan la importancia de un enfoque estratégico y equilibrado en la gestión del sector gasífero peruano.

El desarrollo del mercado del gas natural en Perú ha sido un ejemplo de transformación energética, impulsado por políticas públicas sólidas y un marco regulatorio efectivo. Sin embargo, la masificación del acceso al gas natural y el balance entre exportaciones y demanda interna representan desafíos importantes para el futuro. La continuidad de políticas inclusivas y sostenibles será clave para consolidar este recurso como un pilar energético estratégico del país.

### 3.1.6 América Central

El gas natural ha emergido como una opción clave en la transición energética a nivel global, y Centroamérica no es la excepción. Este recurso, caracterizado por ser una de las fuentes fósiles menos contaminantes, ha ganado relevancia en los debates energéticos regionales debido a su potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la competitividad económica y diversificar la matriz energética.

En Centroamérica, el uso de gas natural es limitado y se concentra principalmente en sectores industriales y de generación eléctrica. Países como Panamá han liderado la adopción de esta fuente energética. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2021), Panamá ha desarrollado infraestructura clave para la importación y regasificación de gas natural licuado (GNL), destacando la terminal de gas natural en Colón, que se ha convertido en un nodo estratégico para el abastecimiento de energía en la región. Este desarrollo ha sido impulsado por la necesidad de sustituir combustibles más contaminantes, como el diésel y el búnker, y avanzar hacia una matriz energética más sostenible.

Otros países de la región, como Costa Rica, Honduras y El Salvador, presentan un uso marginal o nulo de gas natural en sus matrices energéticas. Costa Rica, por ejemplo, ha priorizado históricamente las energías renovables, especialmente la hidroeléctrica, eólica y geotérmica, lo que ha relegado el uso de combustibles fósiles (Ministerio de Ambiente y Energía [MINAE], 2023). No obstante, el interés por el gas natural como fuente de transición se ha intensificado en los últimos años, especialmente en el contexto de los compromisos ambientales que ha adquirido internacionalmente.

El potencial del gas natural en Centroamérica está condicionado por varios factores, incluyendo el acceso a infraestructura, la disponibilidad de mercados regionales y los costos asociados. Panamá se perfila como un posible proveedor regional de gas natural gracias a su infraestructura existente y su ubicación estratégica como centro logístico regional (BID, 2021). Este país podría desempeñar un papel crucial en la distribución de gas natural a sus vecinos, facilitando la integración energética regional.

Por otro lado, El Salvador y Honduras han manifestado interés en desarrollar proyectos de generación eléctrica basados en gas natural, especialmente como una alternativa al carbón y otros combustibles más contaminantes (Organización Latinoamericana de Energía [OLADE], 2022). Sin embargo, estos proyectos enfrentan desafíos relacionados con la falta de infraestructura y la dependencia de importaciones, lo que incrementa los costos y reduce su competitividad frente a otras opciones energéticas.

Costa Rica, aunque no ha implementado proyectos significativos de gas natural, se encuentra evaluando su papel como fuente de transición dentro de un contexto de carbono neutralidad. Estudios recientes señalan que el gas natural podría desempeñar un papel complementario en sectores como el transporte pesado y la generación de respaldo para energías renovables intermitentes (MINAE, 2023).

El desarrollo del gas natural en Centroamérica está sujeto a diversos desafíos técnicos, económicos y políticos. Uno de los principales obstáculos es la limitada capacidad de almacenamiento y distribución, que requiere inversiones significativas para garantizar el suministro. Además, la alta dependencia de importaciones plantea riesgos en términos de seguridad energética, especialmente en un contexto global de volatilidad en los precios de los combustibles fósiles (International Energy Agency [IEA], 2022).

Desde una perspectiva política, es esencial considerar que el gas natural debe ser visto como una fuente de transición, y no como un fin en sí mismo. La promoción de esta fuente debe ir acompañada de políticas claras que fomenten el desarrollo de energías renovables y la eficiencia energética, asegurando que no se perpetúe la dependencia de combustibles fósiles (OLADE, 2022).

El gas natural tiene un papel potencialmente importante en la transición energética de Centroamérica, especialmente como un puente hacia una matriz energética más limpia y diversificada. Países como Panamá han demostrado que es posible integrar esta fuente de manera efectiva, mientras que otros, como Costa Rica y El Salvador, aún enfrentan retos significativos. La experiencia de la región en el uso de gas natural dependerá en gran medida de la capacidad para superar barreras técnicas y políticas, así como de la implementación de estrategias integrales que prioricen el desarrollo sostenible.

A continuación, se presenta una tabla (tabla 2) que resume la experiencia de 5 países en el uso del gas natural, destacando aspectos clave como la dependencia de importaciones o producción local, los usos finales en diferentes sectores económicos, su rol como fuente de transición energética o su relevancia histórica, la naturaleza de los mercados (regulados o libres) y los principales actores involucrados en la cadena de valor. Este análisis comparativo permite identificar patrones, lecciones y áreas de oportunidad relevantes para diseñar estrategias energéticas en contextos similares.

**Tabla 2.** Principales hallazgos en la experiencia internacional de los 5 países en estudio

País	Importa/ exporta/ produce	Usos finales	Fuente de transición o Uso histórico	de Mercado (Libre o Regulado)	Actores Principales
<b>México</b>	Produce e importa mayor proporción)	Generación (la eléctrica, industrial, residencial.	Histórico	Mixto (regulación estatal y libre)	PEMEX, CFE, empresas privadas, mercado estadounidense.
<b>Colombia</b>	Produce, exporta importa	Industrial, residencial y generación eléctrica.	Transición	Mixto (regulación estatal y libre)	Ecopetrol, Promigas y TGI
<b>Panamá</b>	Importa Hub energético regional	y Generación eléctrica, industrial y transporte	Transición	Regulación estatal	AES Panamá
<b>República Dominicana</b>	Importa	Generación eléctrica e industrial	Transición	Regulación básica	AES Dominicana, Energas
<b>Perú</b>	Produce e exporta	y Generación eléctrica, industrial, residencial y transporte	Transición	Mixto (regulación estatal y libre)	Pluspetrol, Cálidda, Contugas, Osinergmin
<b>Centroamérica</b>	Región con interés en utilizar Gas Natural, especialmente en Honduras, Nicaragua y Costa Rica.				

Fuente: elaboración propia.

El análisis de las experiencias internacionales en el uso del gas natural ofrece valiosas lecciones que Costa Rica podría adoptar si decide incursionar en este mercado como país importador. En primer lugar, es fundamental considerar la diversificación de proveedores, una estrategia que países como México y Panamá han implementado exitosamente para garantizar un suministro estable y minimizar riesgos relacionados con la dependencia de un único origen. Para Costa Rica, esto implicaría establecer acuerdos estratégicos con mercados cercanos, como Panamá, que posee una oferta consolidada y

competitiva de gas natural, debido a sus contratos a largo plazo y debido a que está consolidado como hub de energía regional.

La experiencia internacional resalta también la importancia de un marco regulatorio sólido y bien definido. Ejemplos como los de México y Perú muestran cómo un entorno normativo claro facilita la entrada de inversiones y asegura un desarrollo ordenado del mercado. En este contexto, Costa Rica necesitaría establecer regulaciones específicas para el transporte, almacenamiento y distribución del gas natural, priorizando principios de acceso abierto y equidad en los costos, lo cual sería especialmente relevante para proteger a los consumidores finales y fomentar la adopción del gas como fuente energética.

En términos de infraestructura, Costa Rica enfrentaría el desafío de desarrollar instalaciones adecuadas para la recepción, almacenamiento y distribución del gas natural, como terminales de regasificación y sistemas de transporte interno. El caso de Panamá, que ha construido una terminal clave en Colón, destaca la relevancia de planificar y financiar este tipo de infraestructura mediante alianzas público-privadas. Este enfoque no solo reduce la carga financiera para el Estado, sino que también permite aprovechar la experiencia técnica y operativa de actores internacionales.

Desde la perspectiva ambiental, el gas natural representa una alternativa intermedia hacia la descarbonización, como lo demuestran países como Colombia y República Dominicana, que lo han utilizado para sustituir combustibles más contaminantes y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Costa Rica podría emplear el gas natural como una herramienta para avanzar en su transición energética, enfocándose en sectores estratégicos como la generación eléctrica y el transporte pesado, donde aún se utilizan fuentes más contaminantes como el diésel.

Adicionalmente, programas como el BonoGas en Perú, que han incentivado la adopción del gas natural en sectores residenciales e industriales, podrían adaptarse al contexto costarricense para promover el uso de esta fuente en áreas clave. En el transporte, la experiencia de países como Perú y Colombia con el gas natural vehicular sugiere que este combustible puede ser una opción competitiva para reducir costos operativos y emisiones, especialmente en el transporte público y de carga.

En conclusión, si Costa Rica decide incursionar en el mercado del gas natural como importador, deberá adoptar una estrategia integral que combine un marco regulatorio robusto, inversiones en infraestructura clave y programas de adopción focalizados. Además, será crucial garantizar que esta incursión esté alineada con los compromisos de sostenibilidad del país, utilizando el gas natural exclusivamente como un puente hacia una

matriz energética más limpia y diversificada, y priorizando el desarrollo de fuentes renovables como objetivo final.

### **3.2 Barreras y limitaciones dentro de la institucionalidad costarricense**

En esta sección se presenta un análisis de las instituciones relacionadas con el sector energético en Costa Rica. Asimismo, se identifican barreras, limitaciones y perspectivas generales de los actores involucrados en la cadena de valor respecto al posible uso del gas natural en temas de gobernanza. Para ello, se llevará a cabo un análisis basado en los resultados obtenidos de grupos focales y entrevistas, utilizando un enfoque de análisis de múltiples criterios (AMC).

#### **3.2.1 Institucionalidad energética costarricense**

El marco legal costarricense está compuesto por diversas leyes, normas y decretos que establecen las bases para la gobernanza del sector energético. Una de las principales normativas es la Ley N° 449 de 1949, que crea el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), una institución pública encargada de la generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad. Esta ley refleja un compromiso estatal con la provisión de energía eléctrica como un bien público, priorizando la universalidad del acceso.

Desde el punto de vista regulatorio, la regulación de los servicios públicos en Costa Rica tiene sus orígenes en 1928 con la creación del Servicio Nacional de Electricidad (SNE). Este organismo fue concebido para supervisar y regular el suministro eléctrico en el país (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, s.f.). Posteriormente, en 1996, mediante la Ley N.º 7593 (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 1996), el SNE se transformó en lo que hoy se conoce como la Aresep.

En 2008, la Ley N.º 7593 fue objeto de modificaciones que permitieron un proceso de reestructuración interna dentro de la Aresep. Uno de los principales cambios fue la creación de las intendencias, que consisten en tres divisiones especializadas en la regulación de servicios públicos (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, s.f.).

- **Intendencia de Energía:** Es responsable de la regulación del mercado eléctrico en todas sus fases: generación, transmisión, distribución y comercialización. Además, regula el suministro de combustibles derivados de hidrocarburos, a nivel nacional, en calidad y precio (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, s.f.).

- Intendencia de Transporte: Regula los servicios de transporte público remunerado de personas, con excepción del transporte aéreo. También supervisa servicios como el ferrocarril, transporte marítimo, servicios postales, entre otros (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, s.f.).

Entre las principales funciones de la Aresep destaca la fijación de tarifas, tal como lo establece el artículo 5 de la Ley N.º 7593. Según este artículo, la Aresep tiene la responsabilidad de establecer precios y tarifas, además de garantizar que los servicios públicos cumplan con los estándares de calidad, confiabilidad y continuidad requeridos.

En 1995, como resultado de diversos cambios en su estructura organizativa y en el marco de la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 1995), se estableció lo que actualmente conocemos como el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Esta institución se caracteriza por un entramado organizacional complejo, compuesto por entidades tanto desconcentradas como adscritas al Poder Ejecutivo. El MINAE actúa como la autoridad rectora en los ámbitos de ambiente y energía a nivel nacional, desempeñando un papel central en la formulación de políticas públicas dirigidas a los sectores de energía, agua y ambiente. Además, es el encargado de definir políticas, normativas, estrategias y lineamientos para el desarrollo del sector energético en Costa Rica. Junto con otras entidades, el MINAE elabora el Plan Nacional de Energía, un documento estratégico que refleja las metas de políticas públicas sectoriales que el Poder Ejecutivo aspira a alcanzar en estas áreas.

En el ámbito de formulación de políticas, el MINAE desempeña un papel crucial al establecer estrategias nacionales, como el Plan Nacional de Energía 2015-2030, que busca consolidar la descarbonización del sector (MINAE, 2015). Asimismo, el Consejo Nacional de Energía (CNE) actúa como un organismo asesor en la implementación de políticas. En este marco formal también se incluyen planes de desarrollo, como el Plan Nacional de Energía 2022-2050, que orienta la transición hacia fuentes de energía renovables y fomenta la descarbonización de la economía costarricense (Ministerio de Ambiente y Energía, 2022).

Otro actor importante dentro del sector energético, en el ámbito de los combustibles, es la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), creada bajo la Ley N.º 6588 de 1981. RECOPE es encargada de la importación, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos y sus derivados. Aunque RECOPE dejó de refinar petróleo en 2011, sigue siendo un actor clave en el abastecimiento de combustibles, un elemento esencial para el transporte y la industria en Costa Rica. La institución opera bajo regulación de la Autoridad

Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), que define los precios finales al consumidor basándose en costos operativos y márgenes regulados.

Además de sus funciones tradicionales, RECOPE está adaptando su modelo de negocio para alinearse con las metas de descarbonización establecidas en el Plan Nacional de Energía 2015-2030. La institución ha comenzado a explorar el desarrollo de biocombustibles y combustibles alternativos como el hidrógeno verde, contribuyendo así a la transición hacia un sistema energético más sostenible. Estas iniciativas son parte de un esfuerzo más amplio liderado por el MINAE para consolidar un modelo de gobernanza energética basado en la participación ciudadana y el compromiso con los objetivos climáticos internacionales, como los estipulados en el Acuerdo de París (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC], 2015).

La Ley General de Electricidad (Ley N° 7200) y la Ley de Planificación Energética Nacional (Ley N° 7447) son pilares fundamentales del marco jurídico. Estas normativas promueven el desarrollo de energías renovables y establecen las bases para la regulación del mercado eléctrico. Costa Rica también se rige por compromisos internacionales, como el Acuerdo de París, que refuerzan su compromiso con la sostenibilidad y la transición energética (CMNUCC, 2015).

La Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía (Ley N.º 7447), aprobada en Costa Rica en 1994, es una de las normativas clave que establece lineamientos para fomentar la eficiencia energética en diversos sectores de la economía. Esta legislación refleja el compromiso del país con la sostenibilidad, promoviendo un uso más consciente y racional de los recursos energéticos disponibles.

En el contexto del Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050, la Ley N.º 7447 sigue siendo un pilar para alcanzar las metas de sostenibilidad energética. Sin embargo, se reconoce la importancia de complementarla con otras políticas y marcos legales que aborden de manera integral las necesidades del país frente a la transición energética.

### 3.2.2 Políticas y planes de acción sobre la descarbonización en Costa Rica

Costa Rica es ampliamente reconocido como un referente mundial en sostenibilidad ambiental y transición energética. Este liderazgo se debe a una combinación de políticas gubernamentales, estrategias nacionales y compromisos internacionales dirigidos a la descarbonización de su economía y a la promoción de energías limpias. A continuación, se presentan los principales esfuerzos en esta materia, destacando los elementos normativos

y estratégicos que han consolidado a este país como un modelo a seguir en la lucha contra el cambio climático.

#### 3.2.2.1 Estrategia Nacional de Descarbonización 2018-2050

En 2019, Costa Rica lanzó su Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050, un proyecto ambicioso que establece las bases para transformar su economía en un modelo libre de emisiones netas de carbono para mediados de este siglo. Este plan abarca diez ejes estratégicos, los cuales incluyen la modernización del transporte público, la electrificación de vehículos privados y colectivos, la gestión sostenible de residuos, la agricultura regenerativa y el desarrollo de ciudades inteligentes. Además, el plan resalta la necesidad de integrar sistemas energéticos renovables, que ya representan una parte significativa de la matriz energética del país (Gobierno de Costa Rica, 2019).

El enfoque costarricense hacia la descarbonización se caracteriza por su visión integral. A través de este plan, el gobierno busca no solo cumplir con los objetivos establecidos en el Acuerdo de París, sino también aprovechar las oportunidades económicas derivadas de la transición hacia un modelo verde. Este marco estratégico refleja un compromiso tanto con el medio ambiente como con el desarrollo sostenible.

#### 3.2.2.2 Legislación Ambiental y Energética

El marco normativo de Costa Rica está orientado hacia la sostenibilidad. Entre las leyes más destacadas se encuentra la Ley General del Ambiente (Ley N.º 7554), que establece principios fundamentales para la conservación de los recursos naturales y promueve la sostenibilidad ambiental como eje central de las políticas públicas. Asimismo, la Ley de Planificación Energética Nacional (Ley N.º 7447) provee un marco jurídico para el desarrollo y uso eficiente de los recursos energéticos, incentivando el uso de energías renovables como la hidroeléctrica, eólica y solar.

En el ámbito de transporte, se ha promulgado la Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico (Ley N.º 9518), que fomenta el uso de vehículos eléctricos mediante exenciones fiscales y desarrollo de infraestructura de carga eléctrica. Esta legislación busca acelerar la transición hacia un sector transporte descarbonizado, que históricamente ha sido el principal generador de emisiones en el país.

#### 3.2.2.3 Participación Internacional y Cumplimiento de Acuerdos Climáticos

Costa Rica ha desempeñado un papel activo en foros internacionales sobre cambio climático, destacándose por su compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París. En sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), el país se comprometió a mantener una trayectoria de emisiones compatible con un aumento de temperatura global por debajo de 1.5 °C, con metas específicas como alcanzar la neutralidad de carbono en 2050 y reducir las emisiones del sector transporte en un 44 % para 2030 (Ministerio de Ambiente y Energía, 2020).

A pesar de contar con un sólido marco institucional compuesto por políticas y leyes orientadas hacia la descarbonización de la economía, Costa Rica aún está lejos de alcanzar plenamente esta ambiciosa meta, como se ha evidenciado en los antecedentes de esta investigación. Las limitaciones en la implementación efectiva de estas políticas, así como los retos asociados a la modernización del transporte y la diversificación energética, indican la necesidad de explorar alternativas de transición más viables en el corto y mediano plazo. En este contexto, el gas natural emerge como una opción estratégica para complementar la transición energética, dado su menor impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles. A continuación, se procederá a analizar la institucionalidad existente en torno al gas natural en Costa Rica, evaluando su potencial para integrarse como una fuente clave en el proceso de descarbonización.

### 3.2.3 Marco institucional y de gobernanza a favor o en contra del gas natural en Costa Rica

En Costa Rica no hay exploración ni explotación de derivados del petróleo y, pese a que en muchas ocasiones algunos grupos de interés han tratado de que esto cambie, no es posible. Desde el año 2002, Costa Rica adoptó una postura de moratoria para la exploración y explotación de petróleo y gas natural, como parte de su estrategia ambiental y climática. La reforma N° 41578-MINAE actualiza y consolida esta política, destacando la importancia de la descarbonización y la protección de los recursos naturales frente a los riesgos asociados con la industria de hidrocarburos.

La justificación a dicha moratoria se debe a:

1. Compromiso con la sostenibilidad: Costa Rica es reconocido mundialmente por sus políticas ambientales progresistas, y esta reforma refuerza su liderazgo en la lucha contra el cambio climático.

2. Riesgos ambientales: La exploración y explotación de hidrocarburos conlleva riesgos significativos para la biodiversidad, el agua y los ecosistemas marinos, pilares fundamentales para la economía y la identidad del país.

A diferencia de disposiciones anteriores que tenían plazos definidos, la reforma N° 41578-MINAE establece una prohibición con carácter indefinido, consolidando su alcance a largo plazo. Se reafirma que no se otorgarán permisos, concesiones o autorizaciones para la exploración y explotación de petróleo o gas natural en el territorio costarricense.

En consecuencia, si se desea incorporar el gas natural a la matriz energética de Costa Rica, la única opción actualmente viable sería a través de su importación. La normativa costarricense permite la importación de este recurso específicamente para autoconsumo en los sectores industrial y comercial. Esta posibilidad se encuentra regulada en el "Reglamento para la regulación de la importación de gas natural (GN) para autoconsumo en el sector industrial", establecido mediante el Decreto Ejecutivo N° 43897-MINAE y publicado el 24 de febrero de 2023.

Dicho reglamento autoriza a cualquier persona, física o jurídica, a llevar a cabo la importación de gas natural para uso exclusivo en sus procesos productivos, siempre y cuando cumpla con los requerimientos estipulados por entidades como el MINAE. Entre las condiciones a satisfacer destacan la obtención de permisos de importación y el cumplimiento de las normas de seguridad aplicables al transporte y almacenamiento del gas.

Cabe señalar que, en el pasado, las regulaciones eran más restrictivas. Por ejemplo, el Decreto Ejecutivo N° 42747-MINAE, emitido en diciembre de 2020, limitaba la importación de gas natural licuado (GNL) exclusivamente para sustituir el uso de búnker en actividades industriales y comerciales. No obstante, esta disposición fue objeto de cuestionamiento por parte de la Procuraduría General de la República. En febrero de 2022, dicha institución determinó que la medida restringía la libertad de comercio y excedía las atribuciones legales del Poder Ejecutivo.

No obstante, la entidad responsable de la importación, almacenamiento, transporte y comercialización de derivados de petróleo, RECOPE, no tiene autorización legal para importar gas natural. Esto se debe a que su Ley Orgánica únicamente le confiere competencias relacionadas con la refinación, transporte y comercialización de petróleo y sus derivados, sin contemplar explícitamente el gas natural. Ante esta limitación, RECOPE presentó a la Asamblea Legislativa una solicitud para ampliar sus facultades legales y así

incluir la importación y comercialización de gas natural, solicitud que se encuentra bajo el expediente No. 24.079 y aún está pendiente de resolución.

El proyecto de ley 24079, denominado "Ley para Promover la Transición Energética en el Sector Combustibles," tiene como objetivo diversificar y modernizar las competencias de RECOPE para impulsar la transición energética en Costa Rica. Esta propuesta busca habilitar a la institución para investigar, adquirir, almacenar, transportar y comercializar hidrocarburos y derivados provenientes de fuentes distintas al petróleo con fines energéticos. Además, se pretende que RECOPE pueda establecer alianzas estratégicas tanto público-privadas como público-públicas, fomentando mercados de combustibles de transición que permitan avanzar hacia la carbono-neutralidad.

La iniciativa promueve la introducción de nuevos combustibles como el gas natural, biocombustibles, combustibles sintéticos y biometano, los cuales son considerados energías de transición indispensables para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Estos combustibles serán regulados bajo el marco de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), que garantizará tanto la fijación de precios como el cumplimiento de estándares de calidad. Con ello, se busca fortalecer la sostenibilidad del sistema energético del país mientras se mantiene la regulación de servicios públicos.

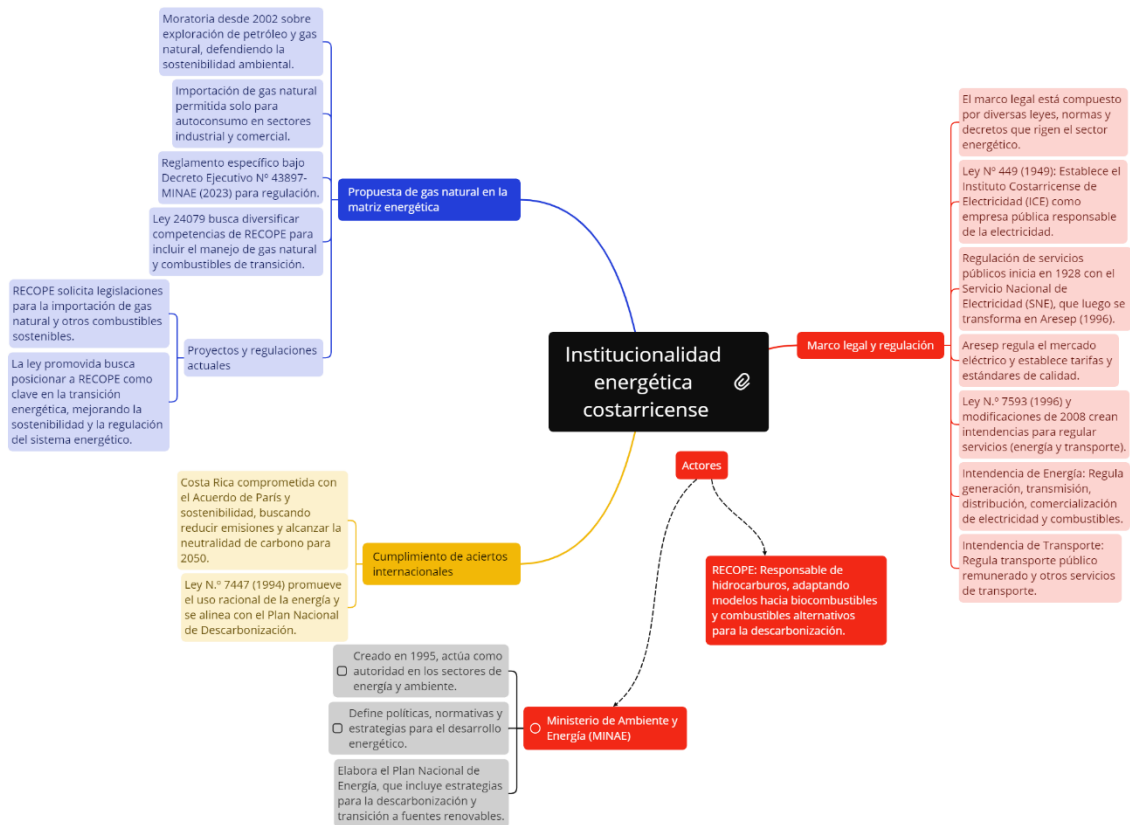
El proyecto justifica estas modificaciones señalando que, aunque RECOPE actualmente posee el monopolio en la importación y distribución de combustibles fósiles, su ámbito de acción no refleja las demandas actuales de diversificación energética. La infraestructura existente de RECOPE, que incluye una red de almacenamiento, transporte y distribución, representa una ventaja estratégica que puede ser utilizada para introducir combustibles más sostenibles. Esto no solo optimizaría los costos, sino que también contribuiría a reducir la dependencia del petróleo y el impacto ambiental.

El enfoque planteado permitirá reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar la competitividad del país al crear un ecosistema que integre la participación del sector privado. Además, los combustibles de transición serán clave para sectores como el transporte pesado y la generación térmica, áreas donde la electrificación es compleja. En esencia, esta ley busca posicionar a RECOPE como un actor relevante en la transición energética de Costa Rica, asegurando que el cambio hacia combustibles más limpios y sostenibles se realice de manera estructurada y eficiente, aprovechando las capacidades y experiencia existentes.

La figura 17 resume el marco institucional presente en Costa Rica en el sector de energía, enfocándose especialmente y, para efectos de esta investigación, en el sector del

gas natural. Al lado derecha de la figura se muestra el marco regulatorio y legal actual. Al lado izquierdo se muestran las iniciativas o propuestas en el marco legal para que el gas natural esté presente en la matriz energética costarricense. En la parte inferior de la imagen se observan los dos de los principales actores del marco institucional, así como el compromiso que ha adquirido Costa Rica a nivel internacional en materia energética.

**Figura 17.** Resumen Marco Institucional del sector energía en términos generales y del Gas Natural



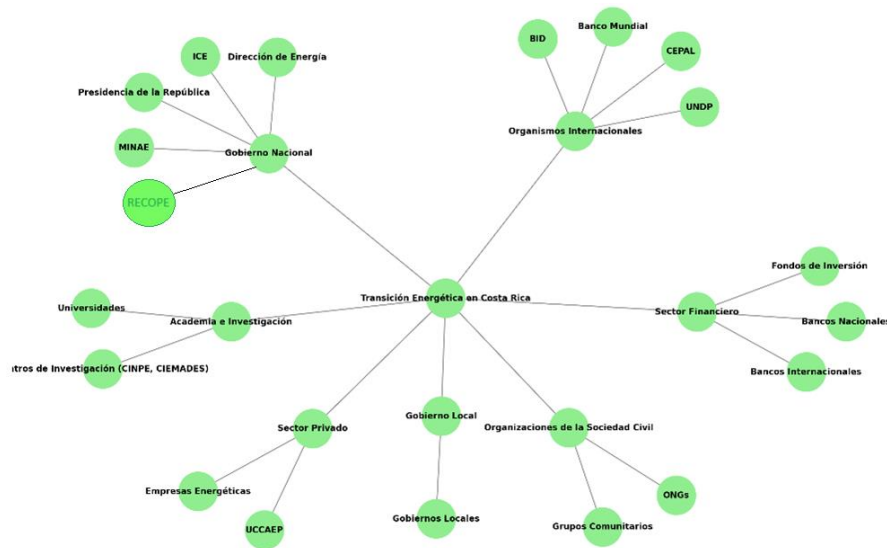
Fuente: elaboración propia.

### 3.2.4 Análisis de Múltiples Criterios de las barreras y limitantes institucionales

Con el objetivo de analizar en profundidad la realidad institucional y de gobernanza de Costa Rica en relación con el gas natural, se llevó a cabo un análisis basado en múltiples criterios (AMC). Como primer paso, se elaboró un mapa de actores involucrados en la transición energética costarricense, cuyo resultado se presenta en la figura 18. Para construir dicho mapa, se revisaron informes, estudios y planes nacionales, como el Plan

Nacional de Descarbonización, además de leyes y regulaciones relevantes, con el fin de identificar empresas, organizaciones y grupos relacionados o potencialmente interesados en participar en la transición energética del país. Asimismo, se analizó información pública sobre proyectos energéticos, inversiones y programas asociados, y se identificaron especialistas en el tema mediante la revisión de columnas de opinión y conferencias publicadas en medios nacionales.

**Figura 18.** Mapa de Actores del sector de energía costarricense



Fuente: Elaborado por el CINPE-UNA, 2024.

De dicho mapa de actores, se puede rescatar 7 grupos de actores que contemplan a los entes, ministerios u organizaciones del Gobierno Nacional, organizaciones internacionales, el sector financiero, organizaciones de la sociedad civil, gobiernos locales, empresas del sector privado y la academia e investigación. De cada uno de ellos se contactó con representantes para que participaran de grupos focales o entrevistas personales para conocer su perspectiva sobre las barreras y limitaciones que no han hecho posible que el gas natural sea una realidad en el país. Se logró respuesta de 25 personas, las cuales se presentaron en la tabla 1 del presente documento.

Como punto de partida, se consideró relevante investigar la percepción de los actores sobre los desafíos institucionales relacionados con la movilidad sostenible en Costa Rica. Este interés surge del hecho de que el país se ha comprometido con la meta de alcanzar la neutralidad de carbono, impulsando políticas de descarbonización, el desarrollo de una flota vehicular pública y privada eléctrica, así como la implementación de un tren

eléctrico de pasajeros. En este contexto, resulta fundamental identificar los desafíos institucionales señalados por los actores, dado que estos constituyen un aspecto general pero crucial en la transición hacia una movilidad sostenible.

Un aspecto adicional a considerar es el potencial rol del gas natural, gestionado por el ICE, como fuente de respaldo para la generación eléctrica. Actualmente, el ICE no dispone de otras fuentes renovables de respaldo, y el incremento en la electrificación masiva podría generar una demanda eléctrica superior a la capacidad de las fuentes renovables utilizadas en la actualidad.

Con base en la encuesta sobre retos y barreras institucionales para la movilidad sostenible en Costa Rica, cuyos detalles se encuentran en los anexos de este documento, se definieron varios criterios o variables que se emplearon para el modelo de telaraña en el análisis multicriterio realizado mediante la metodología NAIADE.

Estos criterios se derivan de las secciones principales de la encuesta, reflejando las áreas clave que afectan la movilidad sostenible desde la perspectiva de los diferentes actores del sector energético en Costa Rica. A continuación, se presentan los criterios sugeridos:

- Conocimiento sobre Movilidad Sostenible: Evaluar el nivel de comprensión y conocimiento sobre qué constituye la movilidad sostenible entre los actores del sector.
- Desafíos Institucionales: Incluir criterios basados en las categorías de desafíos identificadas:
  - a. Normativas/Legales
  - b. Regulatorios
  - c. Ambientales
  - d. Económicos
  - e. Políticos
- Efectividad de Políticas Actuales: Evaluar la percepción sobre cómo las políticas actuales están impulsando la movilidad sostenible y qué medidas adicionales podrían fortalecerla.
- Barreras para la Movilidad Sostenible: Identificar y evaluar las principales barreras (y su impacto) que enfrenta el país hacia la adopción de prácticas de movilidad sostenible.

- Recomendaciones de Políticas: Capturar las recomendaciones específicas de los encuestados para promover cambios significativos en el marco institucional que faciliten la transición hacia la descarbonización.
- Financiamiento y Recursos: Evaluar la percepción sobre la disponibilidad de financiamiento y recursos para proyectos de movilidad sostenible, y los desafíos para obtenerlo.
- Participación y Colaboración: Medir el nivel de colaboración entre diferentes actores del sector y las acciones necesarias para mejorar la participación y colaboración.
- Educación y Conciencia Pública: Considerar estrategias efectivas para aumentar la conciencia pública y el papel de la educación y la sensibilización en la promoción de prácticas de movilidad más sostenibles.
- Tecnología e Innovación: Evaluar cómo la tecnología y la innovación pueden contribuir a superar los desafíos de implementación y la necesidad de combustibles alternativos para una transición energética sostenible.
- Evaluación de Impacto: Identificar los indicadores o métricas importantes para evaluar el impacto de las políticas y medidas implementadas en el sector de la movilidad sostenible.

Con las respuestas en las encuestas, se elaboró una matriz de decisión para el análisis en NAIADE, enfocándonos en las percepciones y evaluaciones de los distintos actores sobre la movilidad sostenible en Costa Rica. Se les asignó valores cuantitativos a las respuestas cualitativas siguiendo una escala del 1 al 5, donde 1 indica una evaluación negativa o baja y 5 indica una evaluación positiva o alta. Los criterios se basaron en las áreas de enfoque identificadas en las encuestas: conocimiento sobre movilidad sostenible, desafíos institucionales, barreras para la movilidad sostenible, recomendaciones de políticas, financiamiento y recursos, participación y colaboración, educación y conciencia pública, y tecnología e innovación.

Dada la naturaleza diversa y compleja de las respuestas, la asignación de valores cuantitativos a las respuestas cualitativas implica una interpretación. La matriz de decisión resultante es la siguiente.

**Tabla 3.** Matriz de decisión para AMC

<b>Criterios</b>	<b>Grupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Grupo</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

<b>Conocimiento sobre movilidad sostenible</b>	4	3	4	4	4	3	4
<b>Desafíos Institucionales</b>	2	2	2	2	3	2	1
<b>Efectividad de Políticas Actuales</b>	2	1	1	1	3	2	1
<b>Barreras para la Movilidad Sostenible</b>	2	2	2	3	2	3	2
<b>Recomendaciones de Políticas</b>	3	3	4	3	4	3	4
<b>Financiamiento y Recursos</b>	3	3	3	2	2	2	4
<b>Participación y Colaboración</b>	2	2	3	2	3	1	1
<b>Educación y Conciencia Pública</b>	4	3	4	3	4	4	3
<b>Tecnología e Innovación</b>	4	4	4	4	4	3	3

Fuente: Elaboración propia.

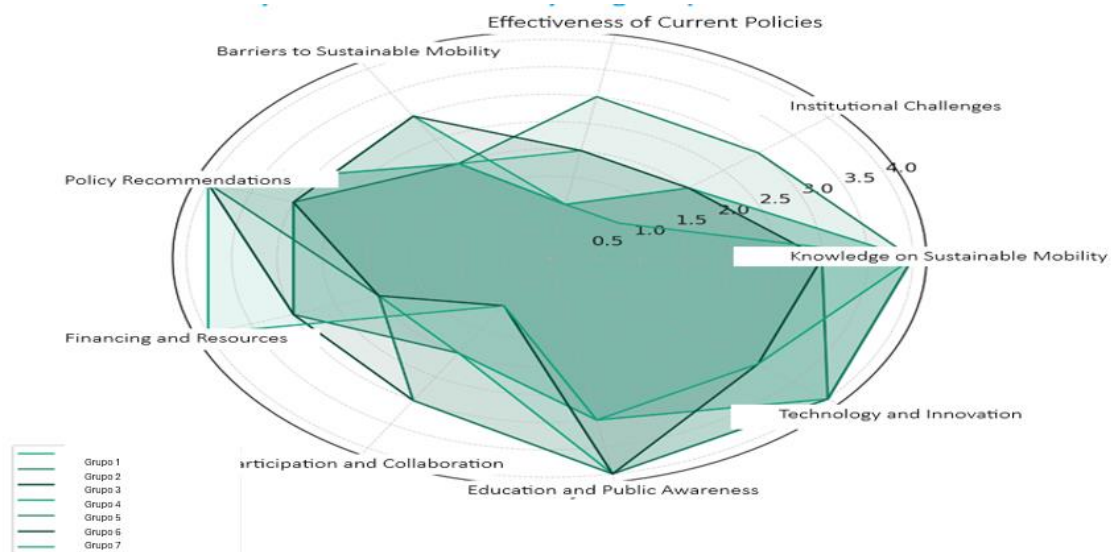
De la tabla 3 se desprendió el modelo de telaraña representado en la figura 19. En un modelo de telaraña, cada eje representa un criterio diferente, y los valores para cada alternativa o actor se conectan para formar una forma de "telaraña" o polígono. En este caso, cada grupo representa una "alternativa" y sus puntuaciones en cada criterio determinan la forma de su telaraña. Un área más grande cubierta por la telaraña de un grupo indica un desempeño general más alto según los criterios dados.

El modelo de telaraña presentado es una herramienta visual que permite comparar diferentes aspectos de las políticas relacionadas con la movilidad sostenible mediante un análisis de diversas dimensiones clave. Estas dimensiones incluyen barreras hacia la movilidad sostenible, desafíos institucionales, conocimiento sobre movilidad sostenible, tecnología e innovación, educación y concienciación pública, participación y colaboración, financiamiento y recursos, y recomendaciones políticas.

El análisis del gráfico permite identificar fortalezas y debilidades en las políticas actuales. Dimensiones como los desafíos institucionales y el conocimiento sobre movilidad sostenible destacan con puntuaciones relativamente altas, lo que sugiere avances en estas áreas. Sin embargo, otras dimensiones, como el financiamiento y los recursos, así como la educación y la concienciación pública, muestran puntuaciones más bajas, evidenciando áreas que requieren mayor atención y esfuerzo.

Este análisis subraya la necesidad de enfoques integrales que fortalezcan las áreas más débiles, en particular aquellas relacionadas con el financiamiento y la sensibilización pública. Además, la inclusión de múltiples perspectivas permite una evaluación más completa, identificando tanto los puntos de consenso como las divergencias entre los actores involucrados. En este sentido, el modelo destaca la importancia de coordinar los esfuerzos entre los diferentes actores clave para maximizar el impacto de las políticas de movilidad sostenible y garantizar una implementación efectiva.

**Figura 19.** Modelo de telaraña: Análisis de Movilidad Sostenible



Fuente: Elaboración propia.

Con base en el análisis presentado sobre la institucionalidad energética costarricense, se puede concluir que el marco regulatorio vigente refleja un compromiso firme con la sostenibilidad y la descarbonización, limitando significativamente las posibilidades de incorporar tecnologías de transición como el gas natural. A pesar de esto, los desafíos identificados, como la ausencia de infraestructura adecuada, la falta de un marco normativo integral y el tamaño reducido del mercado nacional, resaltan la necesidad de replantear estrategias que equilibren los objetivos ambientales con las demandas energéticas del país. En este contexto, una planificación estratégica inclusiva, acompañada

de incentivos financieros y un enfoque en sectores clave como ancla de demanda, podría abrir oportunidades para que el gas natural desempeñe un rol complementario en la transición energética de Costa Rica, alineando estos esfuerzos con las metas nacionales de sostenibilidad y desarrollo económico.

Los resultados evidencian fortalezas en el conocimiento sobre movilidad sostenible y en la apertura hacia la tecnología e innovación, lo cual puede facilitar la incorporación de combustibles alternativos como el gas natural. Sin embargo, también se identificaron limitaciones importantes, especialmente en áreas como el financiamiento, la efectividad de las políticas actuales y la colaboración entre actores clave. Estas carencias podrían dificultar la creación de condiciones necesarias para su adopción, como infraestructura adecuada o incentivos financieros.

Aunque el análisis refleja ciertos elementos favorables para considerar el gas natural como una alternativa, las barreras señaladas resaltan la necesidad de un enfoque más integral que aborde los desafíos estructurales existentes. Promover políticas más efectivas, asegurar recursos financieros y fortalecer la coordinación institucional son pasos esenciales para que el gas natural pueda desempeñar un papel viable en la transición energética del país, contribuyendo a los objetivos de sostenibilidad.

Después de realizar el análisis del modelo de telaraña, cuyo propósito fue conocer la percepción de los actores de manera individual (mediante entrevistas personales) y general sobre la institucionalidad energética del país en relación con la movilidad sostenible, se identificó que el gas natural podría desempeñar un papel relevante como posible fuente de respaldo para la generación eléctrica en este contexto. Dada la necesidad de garantizar una generación eléctrica confiable y suficiente para sustentar el aumento en la electrificación del transporte, ahora se procederá a realizar el análisis de forma más específica para determinar si el gas natural podría ser la solución de respaldo a esta generación eléctrica.

A partir de esta base, se decidió realizar un análisis específico sobre el gas natural, ampliando el enfoque para considerar su rol en otros sectores más allá de la movilidad sostenible. Para ello, se llevaron a cabo grupos focales en los que se discutieron de manera puntual las barreras y oportunidades asociadas al uso del gas natural en Costa Rica. Este análisis permitió examinar las perspectivas de los actores sobre los retos y posibilidades del gas natural en áreas como la generación eléctrica, el sector industrial y el transporte de carga pesada de la economía nacional.

El análisis de los resultados revela una visión compleja y diversa sobre las barreras y posibilidades del gas natural en Costa Rica, marcada por múltiples perspectivas y retos interconectados. Una de las preocupaciones recurrentes se centra en la viabilidad económica del gas natural, donde el costo inicial de las infraestructuras necesarias, como instalaciones de importación, almacenamiento y distribución, representa un obstáculo significativo. Según un representante de la academia, el tamaño reducido del mercado costarricense y la ausencia de una estructura de mercado que permita la participación de actores privados agravan esta situación. Por su parte, un representante del sector de generación de energía destaca que, incluso en escenarios con métodos alternativos como los isocontenedores, los costos logísticos son tan elevados que las inversiones no se justifican sin una demanda masiva y sostenida.

El marco regulatorio es otro eje crítico. Un representante de este sector subraya que, aunque existen normativas para el autoconsumo, estas son dispersas y no promueven un modelo integral que permita la comercialización del gas natural. Asimismo, un experto en el tema de consultoría energética comparte esta visión, señalando que las normativas actuales no están diseñadas para apoyar un modelo público o privado robusto, y enfatiza la necesidad de asignar responsabilidades claras en la implementación del gas natural como parte de una estrategia nacional. La falta de una hoja de ruta específica refleja una carencia generalizada de planificación estratégica, un tema que resalta una de las personas representantes del gobierno nacional, al mencionar cómo las políticas públicas han priorizado la electrificación y descarbonización, dejando de lado tecnologías de transición como el gas natural.

El tamaño del mercado nacional también genera preocupaciones. Según un experto en el mercado de combustibles, la demanda limitada, concentrada principalmente en el sector industrial, no es suficiente para justificar las inversiones iniciales en infraestructura de gas natural. Uno de los expertos en consultoría energética coincide, afirmando que las necesidades actuales del mercado no alcanzan la escala necesaria para asegurar la sostenibilidad financiera de proyectos relacionados con el gas natural. En este sentido, tanto él como otros participantes sugieren la identificación de sectores clave, como el eléctrico, que puedan actuar como "demanda ancla" para catalizar el uso del gas natural.

En cuanto a las políticas públicas, un representante de las organizaciones internacionales y un representante del sector planificación coinciden en que cualquier transición hacia el gas natural debe estar alineada con los objetivos nacionales de desarrollo económico y social. El representante de una de las organizaciones

internacionales recalca que el país enfrenta retos más urgentes, como la generación de empleo y la reducción de la pobreza, lo que complica justificar una transición costosa hacia el gas natural. Sin embargo, también insiste en la necesidad de abordar este tema dentro de un marco de planificación ambicioso y coordinado. Por otro lado, un representante de la empresa privada argumenta que la política energética actual, centrada exclusivamente en la electrificación, limita el espacio para tecnologías de transición.

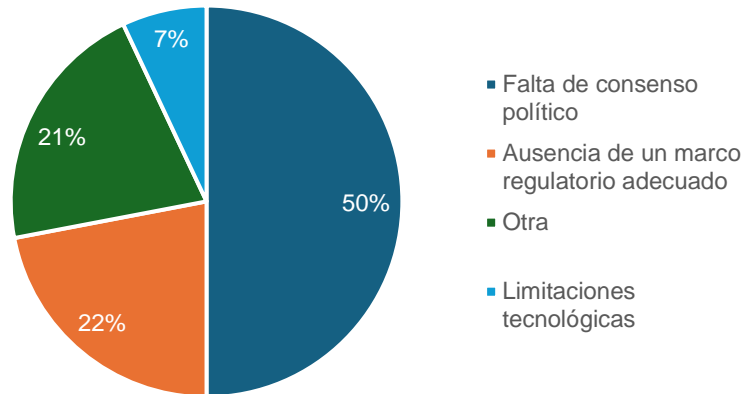
Finalmente, la competencia con otros combustibles y energías es un desafío persistente. Un consultor energético y ambiental destaca que el GLP domina el mercado debido a su menor costo y facilidad de acceso, mientras que un representante del sector de generación de energía señala que, en un contexto donde la matriz eléctrica es predominantemente renovable, el gas natural enfrenta dificultades para posicionarse como una alternativa más limpia y económica. Sin embargo, ambos reconocen que el gas natural podría tener un rol complementario en aplicaciones específicas, como en sectores industriales o en respaldo energético, siempre que se superen las barreras existentes.

En conclusión, las discusiones abiertas evidencian que, aunque el gas natural tiene potencial para contribuir a la transición energética en Costa Rica, su implementación enfrenta barreras significativas. Estas incluyen la falta de infraestructura, un marco regulatorio deficiente, la limitada escala del mercado y desafíos económicos. Las soluciones propuestas apuntan a una mayor planificación estratégica, incentivos financieros claros y un enfoque en sectores específicos para consolidar la demanda. Asimismo, es fundamental un cambio en la política pública que integre el gas natural como una tecnología de transición viable, complementaria a los esfuerzos de descarbonización y electrificación.

Durante la dinámica individual realizada en los grupos focales, se planteó a cada participante una serie de preguntas diseñadas para explorar tanto su visión general sobre el mercado energético nacional como su opinión específica respecto al gas natural como una posible fuente de transición. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

En el gráfico 1 se ilustran las respuestas a la pregunta: ¿Cuál es la principal razón por la que aún no se dispone de un combustible de transición en Costa Rica para alcanzar las metas del Plan Nacional de Descarbonización? Según los resultados, el 50% de los participantes identificó la falta de consenso político como la principal barrera. Un 22% señaló la ausencia de un marco regulatorio adecuado, mientras que el 21% atribuyó la situación a otras razones, como la percepción de que no es necesaria una fuente de transición o la influencia de intereses específicos. Finalmente, un 7% de los encuestados mencionó que las limitaciones tecnológicas representan un obstáculo.

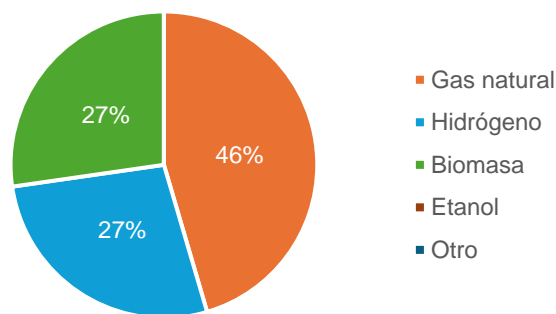
**Gráfico 1.** Razones por las que aún no se ha planteado un combustible de transición en Costa Rica para cumplir las metas del plan nacional de descarbonización (en porcentajes)



Fuente: elaboración propia.

El gráfico 2 presenta las respuestas de los stakeholders sobre las fuentes que consideran más viables como combustibles de transición energética en Costa Rica. Según los resultados, el 46% de los participantes identifica al gas natural como la opción principal. El grupo restante se divide entre quienes consideran al hidrógeno y a la biomasa como alternativas, reflejando una diversidad de opiniones sobre las soluciones energéticas más apropiadas para el contexto del país.

**Gráfico 2.** Opciones posibles para ser un combustible de transición energética en Costa Rica (en porcentajes)

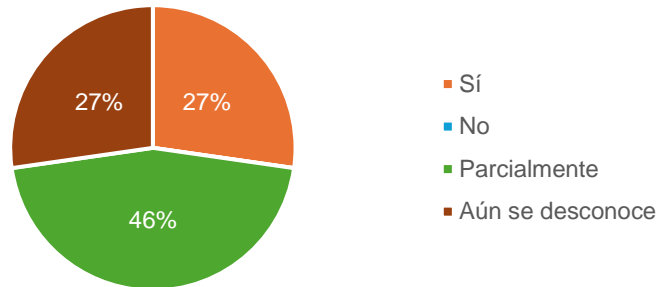


Fuente: elaboración propia.

El gráfico 3 presenta la percepción de los participantes sobre la viabilidad del gas natural como combustible de transición en Costa Rica. Un 46% de los stakeholders manifestó estar parcialmente de acuerdo con esta posibilidad, mientras que el resto se divide entre aquellos que están completamente de acuerdo y quienes consideran que es necesario realizar

estudios técnicos adicionales para fundamentar la decisión. Un aspecto notable es que ninguno de los participantes expresó oposición total a la idea de que el gas natural pueda desempeñar este rol.

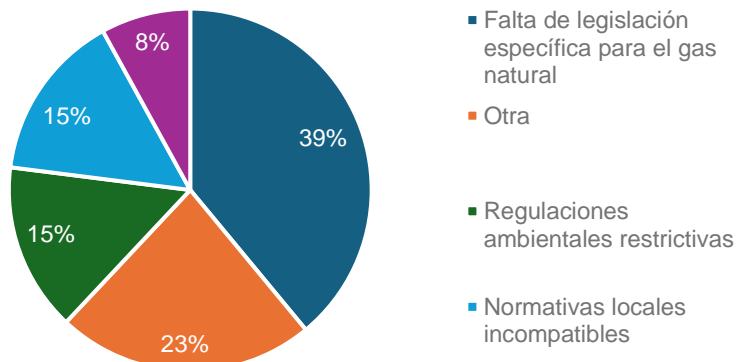
**Gráfico 3.** Viabilidad del gas natural como combustible de transición en Costa Rica (en porcentajes)



Fuente: elaboración propia.

El gráfico 4 muestra los factores legales que los stakeholders identifican como limitantes para que el gas natural se convierta en una realidad en Costa Rica como fuente de transición energética. Según los resultados, el 39% de los participantes señala la falta de legislación específica como el principal obstáculo. Un 23% atribuye la limitación a otras razones, como la moratoria vigente sobre la exploración y explotación de recursos o la oposición a que RECOPE tenga la facultad de importar gas natural. Por su parte, un 15% considera que las regulaciones ambientales restrictivas son un impedimento, otro 15% menciona normativas locales incompatibles, y un 8% identifica como problema la incorrecta definición del gas natural en la legislación.

**Gráfico 4.** Factores legales que limitan que el gas natural sea una realidad en Costa Rica (en porcentajes)

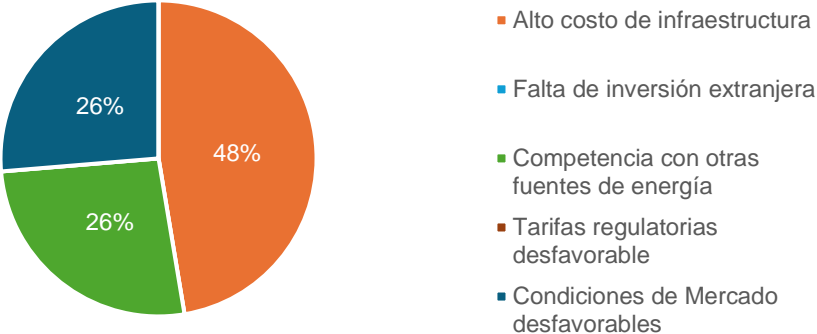


Fuente: elaboración propia.

El gráfico 5 ilustra los factores económicos que los stakeholders consideran limitantes para que el gas natural se implemente como fuente de transición energética en Costa Rica. El 48% de los participantes identificó el alto costo de la infraestructura como la principal barrera económica. Además, el 26% destacó las condiciones de mercado desfavorables, que incluyen una demanda insuficiente o escasa, mientras que otro 26% señaló la competencia con otras fuentes de energía, especialmente con el GLP.

Se enfatizó que el GLP es una alternativa difícil de reemplazar debido a los subsidios existentes y la infraestructura ya establecida que respalda su uso en la industria. Estos factores limitan significativamente la competitividad del GN en el contexto costarricense, reforzando la necesidad de un enfoque estratégico que aborde estas barreras económicas.

**Gráfico 5.** Factor económico que limita que el gas natural sea una realidad en Costa Rica (en porcentajes)

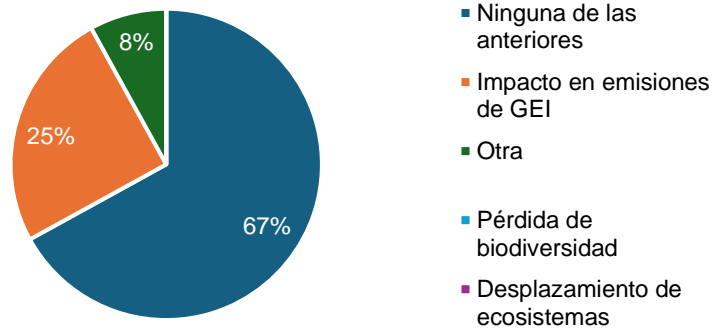


Fuente: elaboración propia.

El gráfico 6 representa los factores ambientales que los stakeholders consideran limitantes para la implementación del gas natural como fuente de transición energética en Costa Rica. Según los resultados, un 25% de los participantes señaló el impacto en las emisiones de GEI como la principal barrera ambiental. Este punto surge de la percepción de que, aunque el gas natural genera menos GEI en comparación con otros combustibles fósiles, sigue siendo un emisor de estos gases, lo que lo aleja de las metas de cero emisiones.

Por otro lado, la mayoría, un 67%, afirmó que no existe ningún factor ambiental que limite la adopción del gas natural, de manera importada, en el país. Esto sugiere que, desde la perspectiva de estos stakeholders, las barreras para la implementación del gas natural no están relacionadas principalmente con consideraciones ambientales, sino más bien con otros factores, como los económicos, institucionales o de mercado.

**Gráfico 6.** Factor ambiental que limita que el gas natural sea una realidad en Costa Rica (en porcentajes)



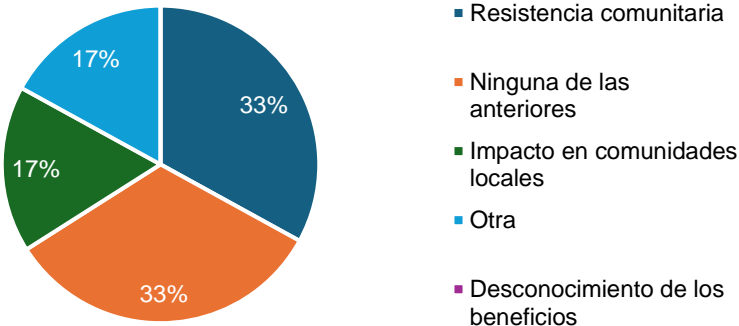
Fuente: elaboración propia.

El gráfico 7 ilustra los factores sociales que los stakeholders consideran limitantes para la implementación del gas natural como fuente de transición energética en Costa Rica. Según los resultados, un 33% de los participantes señaló la resistencia comunitaria como una de las principales barreras sociales, reflejando posibles preocupaciones de las comunidades respecto a los impactos percibidos del gas natural.

Otro 33% identificó el desconocimiento de los beneficios del gas natural como un obstáculo significativo, lo que sugiere la necesidad de campañas de educación y concienciación pública para informar sobre las ventajas de esta fuente de energía en comparación con otras opciones.

Por otro lado, un 17% mencionó el impacto en comunidades locales, refiriéndose a posibles afectaciones por infraestructura o actividades relacionadas con el gas natural, mientras que otro 17% incluyó otras razones específicas no detalladas. Cabe destacar que ningún participante identificó "ninguna de las anteriores" como una opción válida, lo que confirma que existen percepciones sociales relevantes que deben ser abordadas para facilitar la aceptación del gas natural.

**Gráfico 7.** Factor social que limita que el gas natural sea una realidad en Costa Rica (en porcentajes)



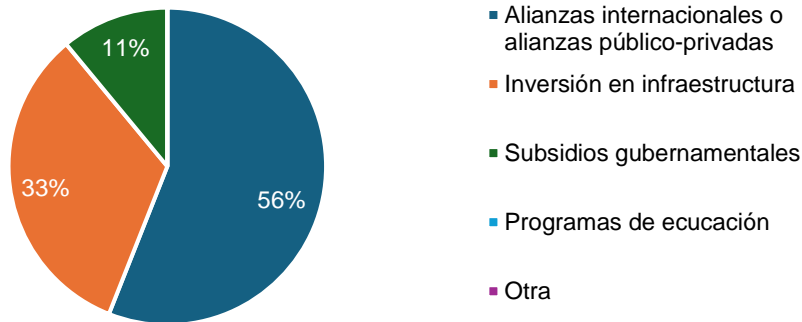
Fuente: elaboración propia.

El gráfico 8 muestra las iniciativas que los stakeholders consideran más relevantes para promover la viabilidad del gas natural en Costa Rica. Los resultados destacan que la mayoría, un 55.6%, considera que las alianzas internacionales o alianzas público-privadas son la iniciativa con mayor impacto potencial. Esto refleja la importancia de la colaboración entre actores nacionales e internacionales para superar las barreras económicas y estructurales asociadas con el gas natural.

Por su parte, un 33.3% de los participantes identificó las inversiones en infraestructura como una prioridad, subrayando la necesidad de desarrollar instalaciones adecuadas para el transporte, almacenamiento y distribución del gas natural.

Solo un 11.1% mencionó los programas de educación y concienciación, indicando que, aunque importantes, estos se perciben como menos urgentes en comparación con las iniciativas de carácter colaborativo y económico. Ningún participante seleccionó los subsidios gubernamentales u otras iniciativas como opciones principales, lo que sugiere un enfoque más orientado hacia el fortalecimiento institucional y la cooperación estratégica.

**Gráfico 8.** Iniciativas que podrían tener mayor impacto para promover la viabilidad del gas natural en Costa Rica (en porcentajes)



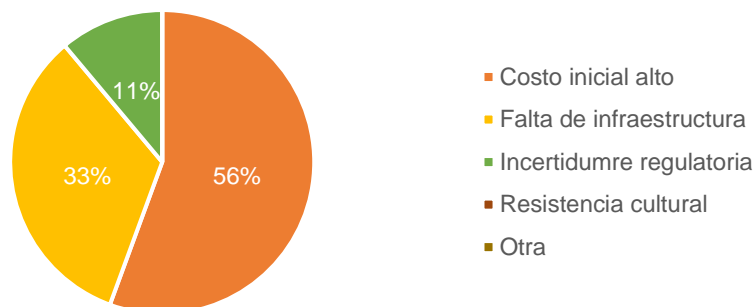
Fuente: elaboración propia.

El gráfico 9 muestra las principales razones que podrían generar dudas en la adopción del gas natural en los sectores de transporte e industrial en Costa Rica. Los resultados indican que el 55.6% de los participantes considera el costo inicial alto como la principal barrera, destacando el impacto financiero de la inversión requerida para implementar este combustible.

Un 33.3% señaló la falta de infraestructura como una limitación significativa, reflejando la carencia de instalaciones adecuadas para el transporte, almacenamiento y uso del gas natural en el país.

Por último, el 11.1% mencionó la incertidumbre regulatoria, lo que evidencia preocupaciones sobre la claridad y estabilidad del marco legal necesario para respaldar la adopción del gas natural. Ningún participante destacó la resistencia cultural como una barrera.

**Gráfico 9.** Principal razón que podría generar dudas en la adopción del gas natural en los sectores de transporte e industrial en Costa Rica (en porcentajes)

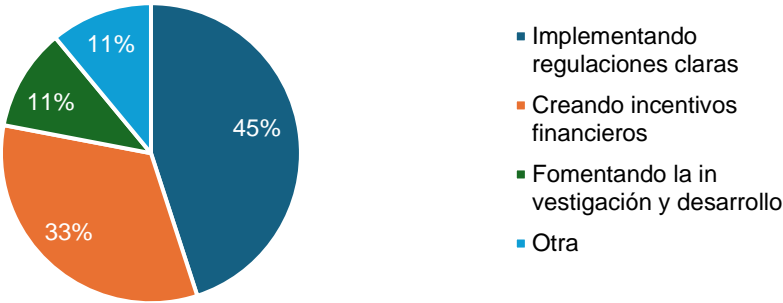


Fuente: elaboración propia.

El gráfico 10 muestra las opiniones de los stakeholders sobre cómo las políticas públicas podrían contribuir a superar los obstáculos para la adopción del gas natural en Costa Rica. El 44.4% de los participantes considera que la creación de incentivos financieros es la principal acción que puede facilitar esta transición, destacando la importancia de aliviar los costos asociados a la implementación del gas natural. El 33.3% identificó la implementación de regulaciones claras como un factor crucial para generar confianza en los inversores y usuarios, asegurando estabilidad y certeza jurídica.

Un 11.1% de los participantes mencionó tanto el fomento a la investigación y desarrollo como el aumento de la participación ciudadana, indicando que, aunque menos prioritarios, estos factores también son relevantes para fomentar el conocimiento y la aceptación del gas natural. Por último, otro 11.1% señaló la necesidad de claridad y consistencia en políticas energéticas y ambientales.

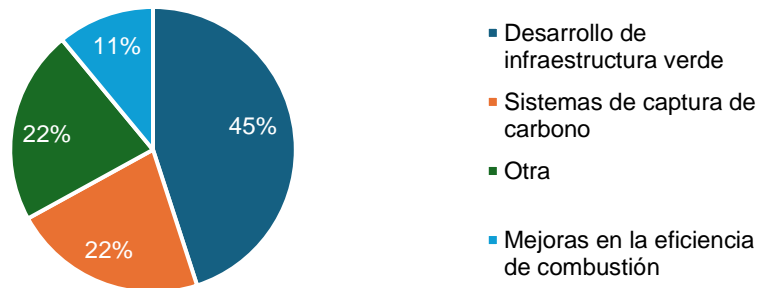
**Gráfico 10.** Maneras en que pueden contribuir las políticas gubernamentales a superar los obstáculos para la adopción del gas natural en Costa Rica (en porcentajes)



Fuente: elaboración propia.

El gráfico 11 muestra las tecnologías o prácticas innovadoras que los stakeholders consideran prioritarias para hacer viable el gas natural en Costa Rica. El 44.4% de los participantes destacó el desarrollo de infraestructura verde como la principal iniciativa, subrayando la importancia de crear instalaciones sostenibles para el almacenamiento, transporte y uso del gas natural. Un 22.2% de los participantes prioriza los sistemas de captura de carbono. Otras opciones, como la eficiencia de combustión, el reciclaje energético, el desarrollo de flotillas a gas natural y el biogás, fueron mencionadas por un 11.1% cada una, reflejando un enfoque en infraestructura sostenible y soluciones tecnológicas complementarias.

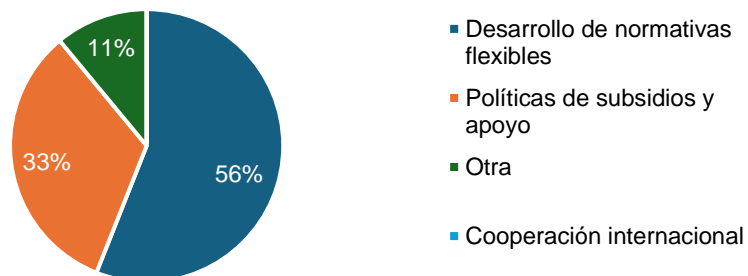
**Gráfico 11.** Tecnología o práctica innovadora que debería liderar los esfuerzos para hacer más viable el gas natural en Costa Rica (en porcentajes)



Fuente: elaboración propia.

El gráfico 12 muestra las lecciones de otros países que los stakeholders consideran más aplicables en Costa Rica para una transición exitosa hacia el gas natural. El 55.6% destacó el desarrollo de normativas flexibles como la principal lección, seguido por un 33.3% que resaltó la importancia de las políticas de subsidios y apoyos. Otras opciones, como la cooperación internacional y las políticas claras de transición energética adoptadas a tiempo, fueron mencionadas por un 11.1% cada una, reflejando la necesidad de marcos normativos adaptables y estrategias de apoyo financiero.

**Gráfico 12.** Lecciones de otros países que han logrado una transición exitosa hacia el gas natural que podrían ser aplicables en Costa Rica (en porcentajes)

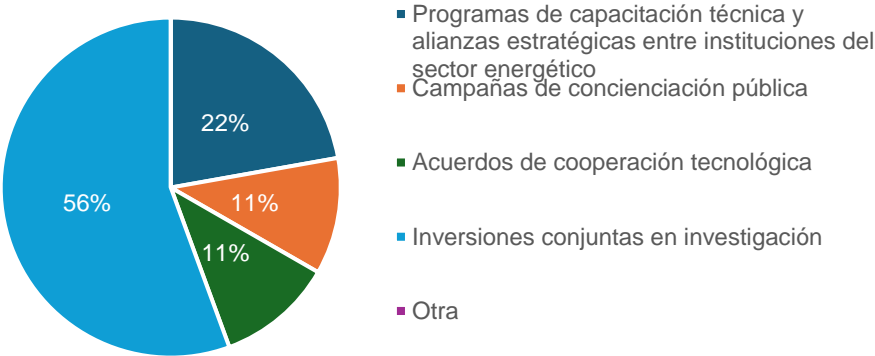


Fuente: elaboración propia.

El gráfico 13 muestra los aspectos que los stakeholders consideran prioritarios para impulsar el gas natural en Costa Rica a través de la educación y la colaboración internacional. El 55.6% señaló que las inversiones conjuntas en investigación son fundamentales para promover la innovación y reducir las barreras tecnológicas. El 22.2% destacó la necesidad de implementar programas de capacitación técnica, mientras que el 11.1% mencionó tanto las campañas de concienciación pública como las alianzas

estratégicas entre instituciones del sector energético y los acuerdos de cooperación tecnológica.

**Gráfico 13.** Aspectos que deben ser fortalecidos para impulsar el gas natural en Costa Rica a través de la educación y la colaboración internacional (en porcentajes)

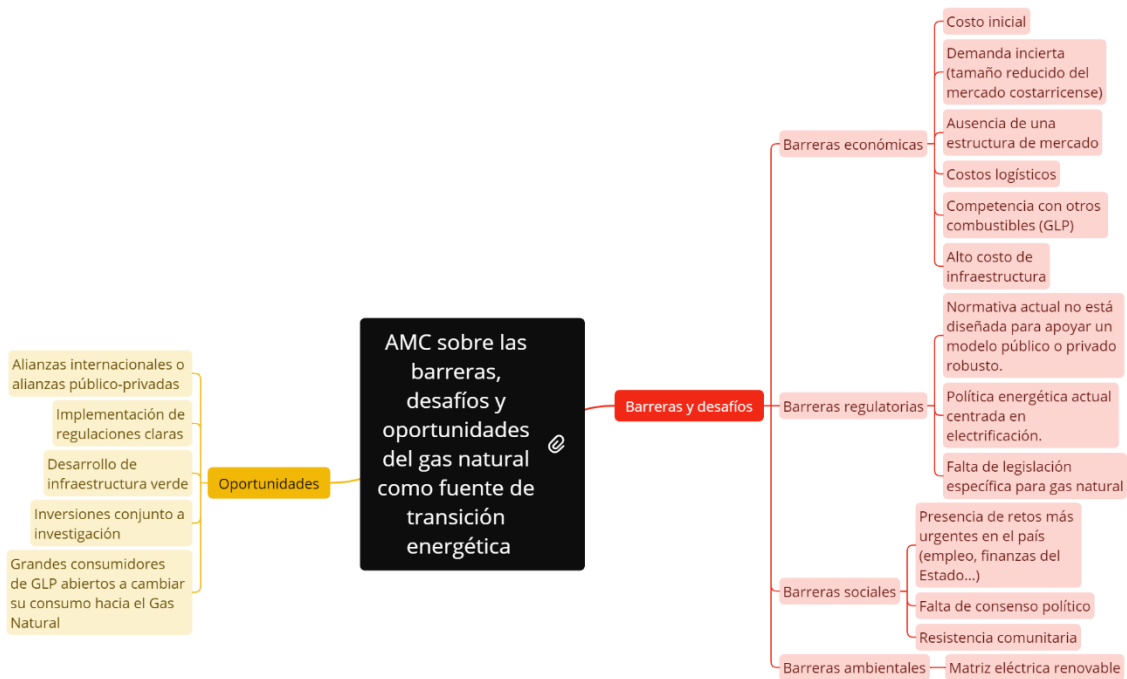


Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se consultó a los stakeholders sobre los posibles sectores o actores que podrían ser consumidores potenciales de gas natural en Costa Rica. Las respuestas recopiladas se representan en la nube de palabras de la figura 20, en la que destacan como sectores clave la industria en general, incluyendo áreas específicas como la manufactura, cemento, metalurgia, alimentaria, y hospitalaria. También se identificaron aplicaciones en calderas, térmicas y el transporte de carga. Asimismo, instituciones como el ICE y empresas de gran consumo energético, como Holcim y Vicesa, fueron mencionadas, reflejando un amplio interés en sectores con altos requerimientos energéticos y potencial de adaptación al uso del gas natural.



**Figura 21.** AMC, resumen de las barreras, dificultades y oportunidades que identifican los actores en la introducción del gas natural



Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Costo-efectividad del gas natural

El análisis de costo-efectividad (ACE) asociado a la incorporación del gas natural en la matriz energética de Costa Rica, como alternativa de transición energética, contempla una evaluación comparativa de cuatro escenarios (E1, E2, E3 y E4).

- Escenario 1: Sustitución de GLP y diésel por GNL, considerando precios con impuestos.
- Escenario 2: Sustitución de GLP y diésel por GNL, considerando precios sin impuestos.
- Escenario 3: Sustitución de GLP, diésel y búnker por GNL, considerando precios con impuestos.
- Escenario 4: Sustitución de GLP, diésel y búnker por GNL, considerando precios sin impuestos.

Esta investigación se basa en la utilización del estudio elaborado por la Gerencia de Innovación de RECOPE en el año 2023, el cual contiene proyecciones de demanda establecidas por la Dirección de Planificación de RECOPE con un horizonte al año 2040.

Dicho estudio parte de la premisa de que RECOPE, al contar con la capacidad legal para importar gas natural, sería la entidad responsable de llevar a cabo estas operaciones. En este contexto, se presentan cálculos preliminares de tarifas del gas natural y propuestas de sustitución gradual en los siguientes sectores: industrial (GLP), transporte (diésel) y generación eléctrica (búnker), conforme a las estimaciones de demanda proyectadas.

Con el propósito de evitar la duplicación de esfuerzos y los costos asociados a trabajos de campo, esta investigación utilizará como base para el análisis la información contenida en el estudio de RECOPE (2023). En las secciones 3.3.1 a 3.3.4, se clasifica, organiza y sistematiza la información extraída directamente de dicho estudio, lo que permite establecer un marco claro sobre las condiciones técnicas y económicas analizadas.

No obstante, es importante señalar que, para los fines de esta investigación, se han modificado los porcentajes de sustitución del GNL. Este ajuste responde a la decisión de plantear una sustitución más agresiva, lo que permite realizar el análisis con un horizonte temporal hasta 2035 y no al 2040 como lo plantea RECOPE (2023). Esta modificación tiene como objetivo enfatizar que el GNL se analiza como un combustible de transición. Asimismo, se busca evaluar una sustitución acelerada de combustibles como el búnker, considerando que el GNL podría ser utilizado por el ICE como respaldo para la generación eléctrica, así como ampliar el margen de sustitución del GLP utilizado en la industria.

Como aporte innovador, esta investigación incorpora un análisis ambiental que no fue incluido en el estudio de RECOPE al sólo centrarse en el aspecto económico. En la sección 3.3.5, se analiza el impacto ambiental asociado a cada fuente energética, con un enfoque particular en las emisiones generadas por las alternativas evaluadas. También se agrega un análisis del costo evitado en la sección 3.3.6 que cuantifica el costo por tonelada emitida de CO<sub>2</sub> en cada uno de los combustibles bajo estudio. Este análisis ambiental servirá como insumo esencial para enriquecer el análisis costo-efectividad (ACE), que se desarrolla en la sección 3.3.7.

En el ACE, se integrarán tanto los datos económicos como los resultados del análisis ambiental, evaluando los escenarios de sustitución planteados al inicio de esta sección. Esta metodología permite aportar una visión más completa que considera tanto los costos económicos como las implicaciones ambientales, contribuyendo de manera significativa a la discusión sobre el uso de gas natural como fuente de energía en Costa Rica.

### 3.3.1 Estimación de la demanda

Bajo la premisa que se importa el gas natural en su estado líquido (GNL), RECOPE (2023) consideró dos opciones de infraestructura: isocontenedores de 40 pies y barcos metaneros, almacenamiento en tanque criogénicos y venta a granel (p.15). Se asume tanques de 25,000m<sup>3</sup>, con la idea de iniciar con dos tanques con embarques cuando el inventario esté al 50% de capacidad y se suponen 2 embarques por mes. Por lo que se tendría un consumo anual mínimo de 480,000m<sup>3</sup> (Punto de Inflexión<sup>1</sup> (PI)). En el momento en que la demanda sea igual o superior al PI se pasa de tener los isocontenedores a construir la infraestructura fija de tanques criogénicos y sistema de venta a granel en camiones cisterna especiales para GNL.

La tabla 4 presenta la demanda estimada por producto entre 2025 y 2035. Según lo indicado por RECOPE (2023), se prevén los siguientes niveles de penetración del GNL como sustituto de combustibles para el año 2040:

- GLP: 50%
- Búnker: 100%
- Diésel para transporte de carga pesada: 25%

Sin embargo, esta investigación, al considerar el gas natural como un combustible de transición, adopta un enfoque con un horizonte de análisis al 2035. En este marco, se ajustaron los porcentajes de sustitución propuestos, con el objetivo de adoptar una estrategia más ambiciosa para incrementar la cuota de mercado del GNL, lo que aceleraría la transición energética y generaría una mayor demanda.

La propuesta incluye la sustitución total del búnker para la generación de electricidad (100%) a partir del tercer año de implementación (2028), una sustitución gradual del diésel utilizado en el transporte de carga pesada hasta alcanzar un 25% para el 2035 y una progresiva sustitución del GLP empleado en el sector industrial (excluyendo el destinado al sector residencial), logrando una penetración del 60% en el mismo periodo.

La tabla 5 detalla los porcentajes de sustitución por producto basados en los cálculos de RECOPE (2023), ajustados según los objetivos de esta investigación.

**Tabla 4.** Demanda estimada por producto del 2025 al 2035 (metros cúbicos)

Año	GLP	Búnker C	Diésel
2025	433,423	106,654	1,267,741

<sup>1</sup> Momento en el que la demanda alcance el consumo de 480,000 metros cúbicos.

2026	448,944	106,654	1,294,321
2027	464,466	106,654	1,321,674
2028	479,988	106,654	1,348,828
2029	495,510	106,654	1,375,357
2030	511,031	106,654	1,401,611
2031	526,553	106,654	1,428,035
2032	542,075	106,654	1,454,097
2033	557,597	106,654	1,480,195
2034	573,118	106,654	1,506,122
2035	588,640	106,654	1,532,043

Fuente: Datos de RECOPE, 2023, p.17

**Tabla 5.** Sustitución por producto según la demanda estimada (en porcentaje)

<b>Año</b>	<b>GLP</b>	<b>BUNKER C</b>	<b>DIESEL</b>
2025	7.80%	0.00%	0.00%
2026	13.02%	0.00%	2.50%
2027	18.24%	100.00%	5.00%
2028	23.46%	100.00%	7.50%
2029	28.68%	100.00%	10.00%
2030	33.90%	100.00%	12.50%
2031	39.12%	100.00%	15.00%
2032	44.34%	100.00%	17.50%
2033	49.56%	100.00%	20.00%
2034	54.78%	100.00%	22.50%
2035	60.00%	100.00%	25.00%

Fuente: elaboración propia.

A partir de estos datos, se estimó la demanda de diésel, búnker y GLP que sería sustituida, cuyos resultados se encuentran en la tabla 6. Estos valores se calcularon

multiplicando las cifras de la tabla 4 por los porcentajes de sustitución indicados en la tabla 5.

Posteriormente, se determinó el volumen equivalente de GNL requerido. Este cálculo se realizó aplicando los factores de conversión en MJ/m<sup>3</sup> entre el GNL y los combustibles que se pretende reemplazar, como se detalla a continuación:

- GLP: 25,480 MJ/m<sup>3</sup>
- Búnker: 41,842 MJ/m<sup>3</sup>
- Diésel: 38,603 MJ/m<sup>3</sup>
- GNL: 23,643 MJ/m<sup>3</sup>

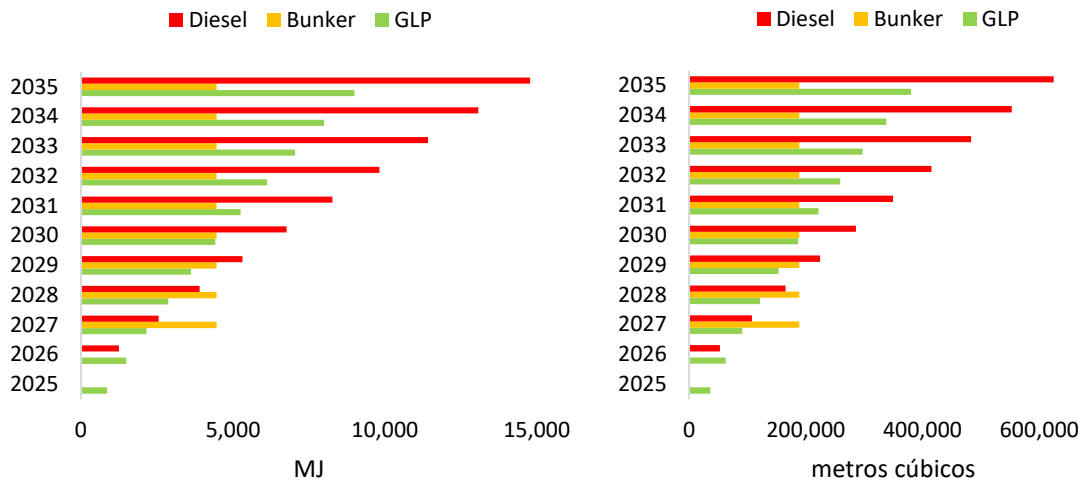
Estos factores permitieron convertir la demanda de cada combustible sustituido en su equivalente energético en GNL, proporcionando una base para estimar los volúmenes necesarios para la transición propuesta, los mismos se muestran en el gráfico 14.

**Tabla 6.** Volúmenes por producto sustituido (en metros cúbicos)

<b>Año</b>	<b>GLP</b>	<b>BUNKER C</b>	<b>DIESEL</b>
2025	33,807	0	0
2026	58,453	0	32,358
2027	84,719	106,654	66,084
2028	112,605	106,654	101,162
2029	142,112	106,654	137,536
2030	173,240	106,654	175,201
2031	205,988	106,654	214,205
2032	240,356	106,654	254,467
2033	276,345	106,654	296,039
2034	313,954	106,654	338,877
2035	353,184	106,654	383,011

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 14.** Energía y volumen de GNL por tipo de producto a sustituir (en MJ y M3)



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos presentados en el gráfico 14, y considerando que el punto de inflexión (PI) de la demanda se alcanza al llegar a los 480,000 m<sup>3</sup>, el país deberá disponer de infraestructura fija para el año 2029. En consecuencia, se procederá a calcular los costos asociados al alquiler de isocontenedores hasta el año 2029. Posteriormente, se estimarán los costos derivados de la inversión en infraestructura terrestre a partir de esa fecha, teniendo en cuenta las necesidades proyectadas y los requerimientos operativos futuros.

### 3.3.2 Estimación de costos

Según los cálculos realizados en esta investigación, hasta el año 2029 se prevé que la importación de GNL se realice mediante el uso de isocontenedores, los cuales serían ubicados en uno o más predios estratégicos, dependiendo de la configuración de la cadena de distribución que se establezca. Bajo este esquema, se contempla, lo establecido en el estudio de RECOPE (2023), que los clientes sean responsables del transporte de los isocontenedores desde los predios hasta sus puntos de consumo y de su retorno al predio una vez vacíos. Posteriormente, los isocontenedores vacíos serían enviados de regreso a su lugar de origen para su recarga.

Según los datos de RECOPE (2023) el costo de adquisición de los isocontenedores, estimado en aproximadamente \$85,000 por unidad (FOB China), por lo que se plantea que estos sean alquilados en lugar de comprados. La inversión estimada para la adecuación de la infraestructura destinada al recibo, almacenamiento y comercialización de isocontenedores asciende a aproximadamente \$20 millones. Por su parte, el costo

proyectado para el alquiler de los sistemas de isocontenedores varía entre \$3 millones en el año 2025 y \$42 millones en el año 2029, reflejando el incremento gradual de la demanda y la capacidad requerida a lo largo del período. (RECOPE, 2023, p.23)

En la tabla 7 se detalla la proyección de la cantidad de isocontenedores necesarios, así como los costos asociados tanto a su adquisición como a su arrendamiento.

**Tabla 7.** Estimación de costos, isocontenedores e infraestructura asociada a estos

Año	Demand a GNL (m3)	Cantidad de isotanques 40 ft según la demanda (N)	Cantidad de isotanques 40 ft bajo nivel de cobertura de 3 (3N)	costo alquiler (\$1000/mes*is ocontenedor)	Costo de inversión en infraestructura
2025	36,434	75	225	2,698,786	20,000,000
2026	115,827	238	715	8,579,760	0
2027	387,950	798	726	8,711,181	0
2028	475,277	978	990	11,879,546	0
2029	566,466	1166	1,263	15,154,253	0

Fuente: Datos de RECOPE, 2023, p.22

A partir del 2030, se deberá invertir en infraestructura fija asociada a la importación a granel, esta importación se llevaría a cabo por medio de tanques criogénicos y el despacho en camiones cisterna (los cuales serán propiedad de los clientes o transportistas). En el anexo se muestra la que presenta la estimación de los costos de infraestructura relacionados con la importación a granel según este esquema, los cuales alcanzan un total aproximado de \$92 millones.

En consecuencia, el desglose anual de los costos resultantes, clasificados por tipo de inversión (fija o variable) y asociados a la infraestructura, se detalla en la tabla 8. Estos valores se presentan en función del nivel de demanda proyectado para cada año.

**Tabla 8.** Estimación de costos, isocontenedores e infraestructura fija

Año	Demanda de GNL (m <sup>3</sup> )	Costo de alquiler de isocontenedores (US\$)	Costo de inversión en infraestructura (US\$)	Tipo de infraestructura
2025	36,434	2,698,786	20,000,000	Isocontenedores
2026	115,827	8,579,760	0	Isocontenedores

2027	387,950	28,737,009	0	Isocontenedores
2028	475,277	35,205,722	0	Isocontenedores
2029	566,466	0	91,973,310	2 tanques criogénicos
2030	661,560	0	0	2 tanques criogénicos
2031	760,487	0	30,163,480	3 tanques criogénicos
2032	863,263	0	0	3 tanques criogénicos
2033	969,925	0	30,163,480	4 tanques criogénicos
2034	1,080,401	0	0	4 tanques criogénicos
2035	1,194,738	0	0	4 tanques criogénicos

Fuente: elaboración propia

### 3.3.3 Estimación tarifaria

Esta sección se centra en el análisis de una tarifa de venta de GNL en la terminal de RECOPE ubicada en Moín. Dicha tarifa corresponde a la primera etapa de un periodo de cinco años, durante el cual la infraestructura de almacenamiento de GNL estará compuesta por isotanques alquilados.

Considerando que el estudio de RECOPE (2023) ya incluye una estimación de la tarifa basada en el año 2025 y que, para ese mismo año, las estimaciones de demanda coinciden entre este estudio y el de RECOPE, se decidió emplear directamente el dato de tarifa presentado por RECOPE. De esta manera, se evita duplicar esfuerzos y se asegura la consistencia en los cálculos utilizados.

Con el propósito de contrastar el posible precio del GNL con el de los productos que éste sustituiría, se toma las estimaciones, realizadas por RECOPE (2023), de tarifas para el GLP; el búnker y el diésel, realizando los ajustes necesarios en los componentes del precio para que estos sean comparables entre sí, llevados una tarifa por litro. Además, para contar con una base de comparación común, se tomaron también las estimaciones de las tarifas por unidad de energía para todos los combustibles incluidos en el estudio. El análisis comprende estimaciones de las tarifas de GNL para dos escenarios: con el Impuesto Único a los combustibles (IU) y sin este impuesto. En el anexo 4 se presentan las condiciones y características para un escenario sin el IU. Se basó en la metodología tarifaria vigente (RE-0024-JD-2022), considerando costos como el precio CIF Moín, gastos portuarios, margen de operación, y un rendimiento sobre la base tarifaria del 7.23%.

La tabla 9 muestra la comparación de las tarifas del GNL (con y sin IU) con respecto al GLP, Búnker y Diésel.

**Tabla 9.** Comparación de Precio Terminal de GNL con respecto al GLP, Búnker y Diésel 50 con y sin impuesto (en colones por litro y en mega julios por litro)

Producto	Precio Terminal		Precio Terminal	
	sin impuesto (¢/L)	con impuesto (¢/L)	sin impuesto (¢/MJ)	con impuesto (¢/MJ)
<b>GNL</b>	<b>242,25</b>	<b>267,13</b>	<b>11,27</b>	<b>12,43</b>
Búnker	275,43	301,18	6,57	7,19
GLP	162,05	186,05	6,31	7,24
Diésel 50	521,62	679,37	13,86	18,05

Fuente: Datos de RECOPE, 2023, p.29

En términos del precio por litro, el GNL tiene un precio intermedio. Con un costo de ¢267,13 por litro (con impuestos), es 12,7% más barato que el búnker, pero 30,4% más caro que el GLP, que resulta ser el combustible más económico en esta categoría. El diésel, por otro lado, es el combustible más caro, con un precio 154,3% mayor que el del GNL. Este análisis muestra que el GNL es competitivo frente al diésel y el búnker, pero pierde frente al GLP, al menos en términos de costo por volumen.

Si el análisis se enfoca en el precio por unidad de energía (¢/MJ), el panorama cambia. Aunque el GNL tiene un costo energético más bajo que el diésel, que es 45,2% más caro, pierde competitividad frente al búnker y el GLP, los cuales tienen precios energéticos similares y significativamente más bajos: 42% y 41,8% más baratos, respectivamente. Este aspecto es clave, ya que muchos consumidores, especialmente en sectores industriales, priorizan el costo por unidad de energía disponible.

El impacto de los impuestos también varía entre los combustibles. En el caso del GNL, los impuestos incrementan su precio en un 10,3%, lo cual está en línea con el búnker (9,3%) y el GLP (11%). Sin embargo, el Diésel 50 se ve mucho más afectado, con un aumento del 30,2% debido a los impuestos, lo que lo hace considerablemente menos competitivo.

Por lo tanto, el GNL se presenta como una alternativa más económica que el diésel, tanto por litro como por unidad de energía, pero menos competitiva frente al búnker y el GLP, especialmente cuando se analiza el costo energético. No obstante, para evaluar su viabilidad como combustible de transición, es fundamental considerar factores adicionales, como su impacto ambiental, emisiones de gases de efecto invernadero. Esto podría otorgar al GNL una ventaja estratégica en sectores que buscan reducir su huella de carbono, incluso si su costo inicial no es el más bajo.

### 3.3.4 Análisis sobre subsidios e impuesto único

El análisis presentado en por RECOPE (2023) explora cómo los subsidios y el impuesto único afectan la competitividad del GNL en Costa Rica y cómo estas variables pueden influir en su adopción dentro de la matriz energética nacional. Actualmente, el país aplica un sistema de subsidios cruzados, donde ciertos combustibles, como el diésel y la gasolina utilizados por la flota pesquera, reciben beneficios significativos. Además, productos como el GLP y el búnker también son subsidiados bajo la política sectorial, lo que reduce su precio para los consumidores finales. En este contexto, el GNL no cuenta con subsidios, lo que podría situarlo en desventaja frente a estos combustibles.

Sin embargo, se plantea la posibilidad de reformar este esquema, transfiriendo parte de los subsidios del GLP y el búnker al GNL. Este cambio podría fomentar su adopción al reducir la brecha de precios y hacerlo más competitivo. Por otra parte, el GNL actualmente no está incluido en el listado de combustibles sujetos al impuesto único, lo que representa una ventaja en términos de costo. Si el gobierno decidiera aplicarle este impuesto, el impacto dependería de la magnitud de la tasa; un impuesto bajo podría mantener su competitividad, mientras que una carga fiscal alta podría limitar su viabilidad.

### 3.3.5 Estimación de emisiones de GEI

En esta sección se emplearon los factores de emisión proporcionados por el IMN (2024) para los combustibles GLP, Diésel y Búnker, los cuales se presentan en la tabla 10. Es importante recordar, como se indicó en el marco metodológico de este documento, que, aunque las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) incluyen varios gases, no únicamente el CO<sub>2</sub>, para simplificar el análisis y considerando que este es el principal gas contaminante, se tomará en cuenta exclusivamente el dióxido de carbono.

**Tabla 10.** Factor de emisión de dióxido de carbono, por combustible

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /L)
Diesel	2,613
Búnker	3,101
GLP	1,611

Fuente: elaboración propia con datos del IMN, 2024.

Sin embargo, como en Costa Rica no hay gas natural, los inventarios nacionales no tienen un registro de las emisiones de GEI, ni específicamente de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, se recurrió a otra fuente. Según las directrices del IPCC (2019), el factor de emisión del gas natural licuado (GNL) en términos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es: 2.75 kg CO<sub>2</sub> por kg de GNL.

Para calcular el valor en kg CO<sub>2</sub> por litro (L) de GNL, se necesita considerar la densidad promedio del GNL. Según el IPCC (2019), la densidad típica del GNL es aproximadamente 0.423 kg/L. Por lo tanto, el cálculo sería:

$$\text{Emisiones (kg CO}_2\text{/L)} = 2,75\text{kg CO}_2\text{/L GNL} \times 0,423\text{kg/L} \quad (\text{eq.1})$$

$$\text{Emisiones (kg CO}_2\text{/L)} = 1,16325\text{kg CO}_2\text{/L}$$

En resumen, el factor de emisión del GNL es de 1,16 kg CO<sub>2</sub>/L, posicionándolo como el combustible con la menor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> entre los cuatro analizados en esta sección, tal como se había planteado en la hipótesis de esta investigación y como se había analizado desde la experiencia internacional.

Para calcular las emisiones generadas por escenario, se utilizan los factores de emisión proporcionados anteriormente, junto con la demanda de combustible por año y escenario. A continuación, se describe el cálculo paso a paso:

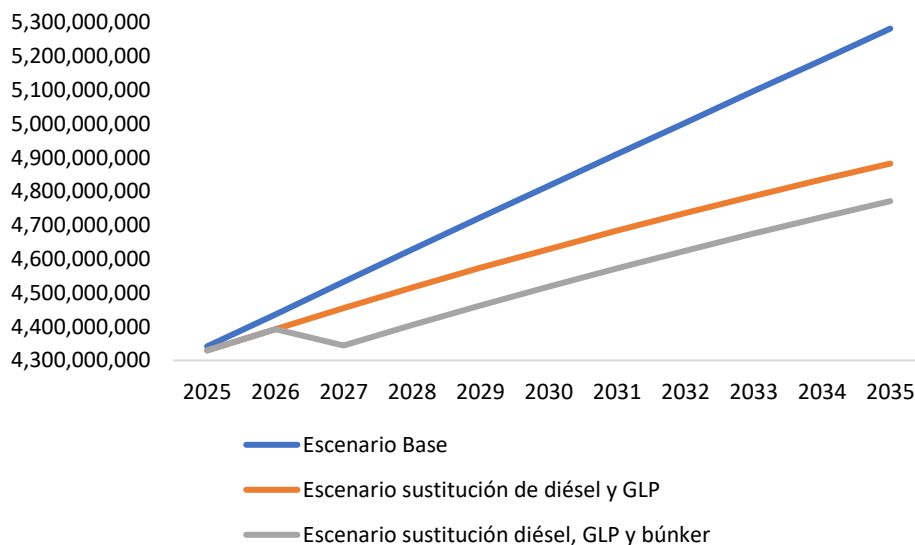
El cálculo de las emisiones se realiza siguiendo un proceso estructurado. Primero, se convierte la demanda de combustible de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) a litros (L), dado que los factores de emisión se expresan en función de la cantidad de litros consumidos. Posteriormente, se calculan las emisiones individuales multiplicando la cantidad de litros por el factor de emisión correspondiente a cada tipo de combustible. Finalmente, se suman las emisiones de todos los combustibles analizados para obtener el total anual de emisiones por escenario.

Es importante señalar que el escenario base representa la situación de referencia, donde no se implementa la sustitución del gas natural licuado (GNL). En contraste, los escenarios 1 y 2 suponen la sustitución de combustibles en los sectores de transporte e industria, diferenciándose únicamente en el tratamiento de los precios (con impuestos y sin impuestos, respectivamente). Los escenarios 3 y 4 amplían esta sustitución al sector de generación eléctrica, nuevamente diferenciados según los precios aplicados (con impuestos y sin impuestos).

Por lo tanto, los cambios en las emisiones se analizan bajo tres escenarios distintos: uno sin sustitución (escenario base) y dos con sustitución (escenarios con y sin sector de generación eléctrica). Las diferencias entre los escenarios 1 y 2, así como entre los escenarios 3 y 4, son exclusivamente de carácter económico, al estar vinculadas al tratamiento de precios, sin afectar las cantidades físicas ni los cálculos de emisiones.

El gráfico 14 ilustra las estimaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> según los escenarios descritos anteriormente. Como se evidencia, y como se esperaba en la hipótesis de esta investigación, el escenario 3 y 4 es el que contiene la menor cantidad de emisiones. Por lo tanto, en efecto hay una mejora sustancial en materia ambiental al sustituir búnker, diésel y GLP por GNL.

**Gráfico 15.** Estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> por escenario en Kg de CO<sub>2</sub>



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.6 Costo evitado de producir una tonelada de CO<sub>2</sub>

La metodología de costos evitados de emisiones de CO<sub>2</sub> se utiliza para analizar el impacto económico de las medidas y estrategias orientadas a la reducción de emisiones de dióxido de carbono. Este enfoque es fundamental en el ámbito de la economía ambiental y en la planificación de políticas públicas para mitigar el cambio climático. En Costa Rica, el Programa País Carbono Neutralidad (PPCN) del MINAE, en su informe de 2021, establece que el costo asociado a la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub> es de \$42.

En el marco de esta investigación, se consideraron las emisiones asociadas a cada combustible, calculadas previamente y presentadas en el gráfico 15. Estas emisiones, expresadas inicialmente en kilogramos de CO<sub>2</sub> (KgCO<sub>2</sub>), se convirtieron a toneladas, utilizando la equivalencia de 1 tonelada (t) igual a 1,000 kilogramos (Kg):

$$1tCO_2 = 1,000KgCO_2$$

Una vez calculadas las emisiones en toneladas para cada tipo de combustible, se sumaron las emisiones anuales y se multiplicaron por el costo asociado a la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub>, equivalente a los \$42 previamente mencionados. Esta metodología no solo permite cuantificar el impacto económico de las emisiones, sino también estimar en términos monetarios el valor de sustituir las emisiones generadas por el consumo de búnker, diésel y GLP, reemplazándolas por las emisiones resultantes del consumo de GNL. Esto proporciona una perspectiva clara del beneficio económico y ambiental de la transición hacia combustibles más limpios.

La evaluación de las emisiones evitadas y su impacto económico revela un panorama claro sobre los beneficios de implementar medidas de mitigación del CO<sub>2</sub>. Al comparar el escenario base, que representa las emisiones sin intervención, con los escenarios mitigados (Escenario 1 y 2, y Escenario 3 y 4), se puede observar cómo las acciones progresivas de mitigación tienen efectos tangibles tanto en términos ambientales como económicos.

En el Escenario 1 y 2, las emisiones son reducidas gradualmente gracias a la sustitución de GLP y diésel por GNL. Entre los años 2025 y 2035, se evitó la emisión de 2.1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que representa un ahorro económico total de 89,8 millones de dólares al considerar un costo de 42 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>. Este ahorro económico crece con el tiempo, alcanzando su punto máximo en 2035, cuando las medidas de mitigación logran evitar casi 400,000 toneladas de CO<sub>2</sub>. Tal como se ilustra en la tabla 11.

**Tabla 11.** Costo Evitado de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los escenarios 1 y 2

Año	Emisiones Totales (Kg CO <sub>2</sub> )	Emisiones Evitadas (Kg CO <sub>2</sub> )	Costo Evitado por tonelada (\$USD)
2025	4,329,503,630	12,082,867	507,480.41
2026	4,392,061,146	43,984,350	1,847,342.70
2027	4,455,083,314	77,441,030	3,252,523.26
2028	4,516,041,102	112,442,263	4,722,575.05

2029	4,573,862,123	148,946,978	6,255,773.08
2030	4,629,463,309	186,952,953	7,852,024.03
2031	4,683,974,527	226,493,105	9,512,710.41
2032	4,736,063,152	267,510,106	11,235,424.5
2033	4,786,731,432	310,041,359	13,021,737.1
2034	4,835,469,936	354,055,565	14,870,333.7
2035	4,882,689,662	399,573,031	16,782,067.3

Fuente: elaboración propia.

El Escenario 3 y 4, que representa un nivel de mitigación más ambicioso, consigue resultados aún más valiosos al además de sustituir el GLP y el diésel, también se sustituye el búnker por GNL. Durante el mismo período de tiempo, se evitó la emisión de 3.1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que generó un ahorro económico de 131.8 millones de dólares. Este nivel de mitigación demuestra un enfoque más estricto y efectivo, logrando una reducción más significativa año tras año. Al igual que en el Escenario 1 y 2, los mayores beneficios se observan hacia el final del período, donde se alcanza una reducción de más de 500,000 toneladas de CO<sub>2</sub> en 2035, generando un ahorro económico sustancial. Tal como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12.** Costo Evitado de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los escenarios 3 y 4

Año	Emisiones Totales (Kg CO <sub>2</sub> )	Emisiones Evitadas (Kg CO <sub>2</sub> )	Costo Evitado por tonelada (\$USD)
2025	4,329,503,630	12,082,867	507,480.41
2026	4,392,061,146	43,984,350	1,847,342.70
2027	4,343,913,052	188,611,292	7,921,674.26
2028	4,404,870,841	223,612,524	9,391,726.01
2029	4,462,691,861	260,117,240	10,924,924.08
2030	4,518,293,048	298,123,214	12,521,174.99
2031	4,572,804,266	337,663,366	14,181,861.37
2032	4,624,892,891	378,680,367	15,904,575.41
2033	4,675,561,170	421,211,621	17,690,888.08
2034	4,724,299,674	465,225,827	19,539,484.73
2035	4,771,519,401	510,743,292	21,451,218.26

Fuente: elaboración propia

### 3.3.7 Cálculo del Análisis Costo-Efectividad (ACE)

En este estudio, se evaluaron cuatro escenarios para analizar la costo-efectividad de introducir el GNL en la matriz energética nacional. Los escenarios se definieron como sigue:

1. Escenario 1: Sustitución de GLP y diésel por GNL, considerando precios con impuestos.
2. Escenario 2: Sustitución de GLP y diésel por GNL, considerando precios sin impuestos.
3. Escenario 3: Sustitución de GLP, diésel y búnker por GNL, considerando precios con impuestos.
4. Escenario 4: Sustitución de GLP, diésel y búnker por GNL, considerando precios sin impuestos.
5. Un escenario base, que, sería el escenario 0, correspondiente al escenario de no sustitución y por ende, de no uso del GNL.

El análisis incluye la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> logradas y los costos totales de sustitución para cada escenario, evaluados en términos de costo por kilogramo de CO<sub>2</sub> reducido (€/kg CO<sub>2</sub>).

Para determinar la costo-efectividad de introducir gas natural licuado (GNL) como sustituto de combustibles fósiles en la matriz energética, se realizaron cálculos en cuatro escenarios definidos según los combustibles reemplazados y los precios considerados (con y sin impuestos).

En primer lugar, se calcularon las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) evitadas al sustituir cada combustible fósil por GNL. Esto se logró multiplicando el volumen de combustible sustituido (en metros cúbicos) por el factor de emisión específico de cada combustible, expresado en kilogramos de CO<sub>2</sub> por litro. Este análisis abarcó tres tipos de combustibles: GLP, diésel y búnker. La fórmula utilizada fue:

$$\text{Emisiones Reducidas (kg CO}_2\text{)} = \text{Volumen sustituido (m}^3\text{)} \times \text{Factor de emisión (kg CO}_2\text{/L)} \quad (\text{eq. 2})$$

El costo de introducir GNL se estimó en función de la energía requerida para sustituir los combustibles evaluados. Primero, se calculó la energía demandada (en megajulios) multiplicando el volumen sustituido de cada combustible por el contenido energético del

GNL. Luego, esta energía se valoró utilizando los precios del GNL por unidad de energía (¢/MJ), considerando tanto tarifas con impuestos como sin impuestos. La ecuación fue:

$$\text{Costo Sustitución (¢)} = \text{Energía requerida (MJ)} \times \text{Precio del GNL (¢/MJ)} \quad (\text{eq. 3})$$

La relación entre los costos incurridos y las emisiones de CO<sub>2</sub> reducidas se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$CE \text{ (kg CO}_2\text{reducido)} = \frac{\text{Costo total de sustitución (¢)}}{\text{Emisiones Reducidas (kg CO}_2\text{)}} \quad (\text{eq. 4})$$

Este indicador permitió comparar los escenarios en términos de eficiencia económica para lograr una reducción específica de emisiones.

Los resultados y cálculos se muestran en los anexos de este documento. En todos los escenarios, la introducción de GNL como sustituto energético logra reducciones significativas de emisiones de CO<sub>2</sub> al desplazar combustibles de mayor intensidad de carbono, como el GLP, diésel y búnker. La magnitud de estas reducciones aumenta con la incorporación de más combustibles en los escenarios. En los escenarios que incluyen búnker (Escenarios 3 y 4), las reducciones son sustancialmente mayores debido al alto factor de emisión del búnker (3.101 kg CO<sub>2</sub>/L), lo que incrementa la efectividad ambiental de la sustitución.

Los costos totales de sustitución de combustibles por GNL dependen del volumen sustituido y del precio del GNL, que varía según la inclusión o exclusión de impuestos. Los precios sin impuestos generan costos significativamente menores, lo que mejora la costo-efectividad en los escenarios 2 y 4. Los escenarios 1, 2 y 3 son menos costo-efectivos que el escenario base, sólo el escenario 4 logra por 5¢/kg CO<sub>2</sub> ser más costo-efectivo que el escenario base.

La costo-efectividad, medida en términos de ¢/kg CO<sub>2</sub> reducido, varía entre los escenarios:

- Escenario 2 (sin impuestos):
  - Sustitución de GLP y diésel.
  - Rango de costo-efectividad: 174.07 a 178.25 ¢/kg CO<sub>2</sub> reducido.
- Escenario 4 (sin impuestos):
  - Sustitución de GLP, diésel y búnker.
  - Rango de costo-efectividad: 168.08 a 178.25 ¢/kg CO<sub>2</sub> reducido.

El Escenario 4 resulta ser el más costo-efectivo de todos, ya que, al incluir el búnker en la sustitución, se logran mayores reducciones de emisiones por un costo relativamente bajo.

Los resultados indican que la introducción de GNL es una alternativa viable para reducir emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores evaluados. El Escenario 4, que incluye la sustitución de GLP, diésel y búnker por GNL sin impuestos, ofrece la mayor eficiencia en términos de costo por kilogramo de CO<sub>2</sub> reducido. Sin embargo, no es mucha la diferencia que tiene en contraposición con el escenario base. Esto sugiere que, desde una perspectiva económica y ambiental, priorizar políticas que incentiven la adopción de GNL sin impuestos puede maximizar los beneficios ambientales siempre y cuando se logren costos competitivos.

## **CONCLUSIONES**

Hasta la fecha, no había un estudio que tratara de manera integral, el tema de analizar si la inserción del gas natural, como combustible de transición, es factible. En este estudio se ha logrado analizar el tema visualizando lo que otros países han hecho y cómo lo han hecho. Se ha tenido una discusión abierta con actores relevantes en materia energética del ámbito público, legislativo, regulación, política, expertos en la materia, consultores energéticos, banca, organismos bilaterales y sector privado que podrían ser posibles consumidores del GNL. Además, se realizó un análisis costo-efectividad con cuatro escenarios para ver cuan factible es el GNL al vincular el tema económico y ambiental.

El análisis realizado sobre la introducción del gas natural como combustible de transición en Costa Rica evidencia la complejidad de incorporar este recurso en la matriz energética nacional. Este proceso no solo implica desafíos técnicos y económicos, sino también la necesidad de alinear intereses políticos, sociales y ambientales para garantizar su implementación efectiva.

Al realizar el análisis de casos internacionales en países como México, Colombia, Panamá, República Dominicana y Perú demuestra que el gas natural ha sido ampliamente utilizado como un combustible de transición efectivo. Sin embargo, esta transición la han iniciado muchos años atrás, se ve de ejemplo a República Dominicana y Panamá, cuyas experiencias en el gas natural son las más recientes, pero que aún así iniciaron hace 20 y 10 años, respectivamente. Algo que podría estar poniendo en desventaja la posición de Costa Rica al preverse un inicio tardío.

Los demás países que se estudiaron no sólo importan, en su mayoría producen (México, Colombia y Perú), por lo que es entendible que su rentabilidad sea mejor. Sin

embargo, en el caso de Costa Rica esto no es una opción, primero por la moratoria que existe y segundo, porque esto en definitiva dañaría la imagen de Costa Rica de país verde. Sería un retroceso ambiental para el país que pretende ir hacia la carbono neutralidad por medio de la descarbonización.

La experiencia internacional muestra que la implementación del gas natural ha permitido reducir emisiones de gases de efecto invernadero, diversificar matrices energéticas y aumentar la estabilidad de los sistemas eléctricos. Sin embargo, estos logros se han alcanzado mediante:

- **Infraestructura sólida:** Los países estudiados han invertido significativamente en infraestructura para importación, transporte y almacenamiento del gas natural, estableciendo condiciones técnicas que garantizan la eficiencia y sostenibilidad.
- **Regulación adecuada:** Marcos regulatorios claros han facilitado la integración del gas natural, promoviendo inversiones privadas y alianzas público-privadas.
- **Apoyo a sectores específicos:** Se priorizó la adopción del gas natural en sectores como el transporte pesado y la generación eléctrica, aprovechando su capacidad para sustituir combustibles más contaminantes.

Costa Rica no posee un marco regulatorio claro que permita en este momento abarcar una demanda que pueda ser costo-efectiva, por lo que en definitiva, Costa Rica en caso de que los hacedores de política deseen implementar el gas natural dentro de la matriz energética de Costarricense, deben de empezar creando un marco regulatorio que pueda dar paso a estudios técnico financieros, pero la incorporación de este marco regulatorio no puede tardar más de dos años o estaríamos alargando la transición y nuevamente nos estaríamos quedando atrás en estudiar y analizar ese posible combustible o fuente energética a la cual se desea transitar.

Las discusiones en las que se integró el análisis de múltiples criterios sobre la institucionalidad y gobernanza energética en Costa Rica revelan importantes barreras para la implementación del gas natural. Entre los principales hallazgos se destacan:

- **Limitaciones en el marco regulatorio:** La normativa actual no permite una integración eficiente del gas natural en la matriz energética nacional. La falta de claridad en las competencias de instituciones clave, como RECOPE y el ICE, dificulta su adopción.
- **Ausencia de consenso político:** Las percepciones divergentes sobre los impactos ambientales y económicos del gas natural han retrasado decisiones importantes para su implementación.

- Estructura de gobernanza fragmentada: La interacción entre actores públicos y privados no ha sido suficientemente articulada para garantizar una planificación energética coherente.

Al repasar la figura 20, que presenta el análisis de múltiples criterios sobre las barreras, desafíos, limitaciones y oportunidades del gas natural como fuente de transición en Costa Rica, resulta evidente que los aspectos negativos superan considerablemente a las oportunidades identificadas. En términos de oportunidades, los actores perciben algunas áreas de potencial, como el desarrollo de alianzas internacionales o público-privadas que permitirían combinar inversiones con investigación para avanzar hacia una infraestructura verde. Asimismo, se señala que esta sinergia podría facilitar la implementación de regulaciones claras, mientras que los grandes consumidores de GLP se muestran dispuestos a considerar una transición hacia el gas natural, algo que harán siempre y cuando este sea competitivo en términos de precio.

Sin embargo, estas oportunidades son opacadas por un conjunto amplio y diverso de barreras, desafíos y limitaciones que se identifican en distintos ámbitos. En el ámbito económico, las barreras incluyen el elevado costo inicial de inversión, sumado a la incertidumbre respecto a la demanda de consumo. Los actores consideran que el mercado potencial de consumidores de GNL es demasiado reducido, lo que hace inviable la realización de inversiones significativas. Además, la competencia con combustibles más económicos como el GLP refuerza la percepción de que una transición hacia el gas natural sería poco factible, dado que este no logra ofrecer ventajas competitivas claras.

En el ámbito regulatorio, se identifican carencias significativas en la normativa actual. Los actores destacan que esta no está diseñada para respaldar un modelo robusto, sea público o privado, que permita incorporar al gas natural como una fuente de transición. Señalan que la política energética costarricense se encuentra altamente enfocada en la electrificación, dejando de lado la posibilidad de introducir otro combustible transicional. Asimismo, la ausencia de legislación específica que regule el gas natural dificulta aún más su viabilidad en el contexto nacional.

Por otro lado, en el ámbito social, la resistencia comunitaria emerge como un desafío central. Diversos sectores de la población perciben el uso del gas natural como un retroceso, argumentando que, si bien este genera menos emisiones de GEI que otros combustibles fósiles, sigue siendo una fuente emisora. Desde esta perspectiva, el enfoque debería orientarse hacia alternativas que permitan alcanzar la meta de carbono neutralidad. Además, la falta de consenso político y la presencia de problemas más urgentes en el país,

como el desempleo y la situación fiscal, relegan el tema de la transición energética en la agenda pública, a pesar de la importancia del desafío ambiental.

En cuanto al ámbito ambiental, si bien los actores no identifican barreras directas para el gas natural, la presencia de una matriz eléctrica con un alto porcentaje de energías renovables disminuye el atractivo del gas como fuente de transición. Adicionalmente, la preocupación sobre las emisiones de GEI refuerza la percepción de que el gas natural no es una solución ideal para avanzar hacia un modelo sostenible.

Por lo tanto, el análisis de múltiples criterios refleja que las barreras, desafíos y limitaciones para la implementación del gas natural como fuente de transición energética en Costa Rica son numerosas y significativas. Estos obstáculos no solo dificultan su adopción en el corto plazo, sino que también amenazan con desdibujar el concepto de transición energética en el mediano plazo.

Desde el lado del análisis costo-efectividad realizado se evidencia que el gas natural muestra una clara y significativa mejora en la cantidad de emisiones de GEI que se generarían anualmente en contraposición al escenario base de no darse una implementación de GNL como fuente de transición y que si se pagara por cada tonelada de CO<sub>2</sub> emitida el valor de \$42 como lo indica el PPCN del MINAE (2021), al utilizar el GNL en un escenario donde se sustituye el 100% del búnker para respaldo en la generación eléctrica, en un 60% el GLP utilizado en el sector industrial y un 25% del diésel utilizado en el transporte de carga pesada, el costo evitado del periodo 2025-2035 sería de aproximadamente 131.8 millones de dólares.

Pese a que la mejora ambiental al utilizar GNL es significativa, al analizar los costos de importar y de la tarifa estimada que tendría el GNL en contraposición con los demás combustibles, resulta ser competitivo en precios frente al búnker y al diésel, mas no frente al GLP; y en términos energéticos sólo resulta ser competitivo frente al diésel.

Además, al realizar el cálculo del ACE con los 4 escenarios planteados frente a un escenario base en el que el escenario base representa la continuación de la tendencia actual (sin GNL), el escenario 1 representa la sustitución del GLP y del diésel por GNL con precios con impuestos, el escenario 2 representa la sustitución del GLP y del diésel por GNL con precios sin impuestos, el escenario 3 representa la sustitución del GLP, del diésel y del búnker por GNL con precios con impuestos y el escenario 4 representa la sustitución del GLP, del diésel y del búnker por GNL con precios sin impuestos.

Los resultados del ACE en estos escenarios muestran que únicamente el escenario 4 es ligeramente (5 puntos porcentuales) mayor que el escenario base. Esto indica que

cuando se aumenta la demanda en el consumo del GNL y los precios son más económicos (sin impuesto), resulta ser costo-efectivo el sustituir los combustibles más contaminantes por un combustible de transición como lo podría ser el gas natural. Sin embargo, no se puede dejar de lado que el margen es pequeño, lo que indica que para que sea más efectivo se debe de hallar la forma de bajar los costos y así tener una tarifa más baja.

Otro aspecto importante es que según la demanda proyectada a sustituir en esta investigación, hacia el año 2029 Costa Rica ya debería de estar invirtiendo en tanques criogénicos, pues la demanda en ese momento superaría el punto de inflexión propuesto por RECOPE(2023) que modificaría las condiciones de importación del GNL pasando de isocontenedores a infraestructura fija, por lo que para ser un combustible pensado en ser de transición, una inversión tan alta en el mediano plazo, puede que no sea atractiva. Además, todo esto es bajo el supuesto de que se apruebe el proyecto de Ley N°24079 que faculta a RECOPE el poder importar gas natural. Por lo que, volviendo al punto anterior, aunque se llegue a un resultado costo-efectivo, la barrera regulatoria impide esa transición inmediata.

Los resultados de esta investigación ofrecen un valioso aporte teórico y metodológico, considerando la escasez de estudios previos sobre el gas natural en Costa Rica. Desde el punto de vista teórico, la investigación aborda una temática poco explorada en el contexto nacional, mientras que, en el ámbito metodológico, integra enfoques novedosos como el análisis de múltiples criterios, el modelo de telaraña, la aplicación de grupos focales y el análisis costo-efectividad, lo que enriquece la comprensión del tema desde distintas perspectivas.

Los resultados de esta investigación muestran que actualmente existen numerosas barreras, desafíos y limitaciones que dificultan la implementación del gas natural como fuente de transición en el país. Costa Rica parece haberse retrasado significativamente en la consideración de esta opción energética, especialmente si se compara con países como Panamá, que iniciaron procesos similares hace más de una década. Este rezago plantea serios desafíos regulatorios y legales, ya que los cambios necesarios en la normativa vigente requieren tiempo para su desarrollo e implementación, mientras que el proyecto de ley actualmente en discusión no presenta avances significativos.

En términos económicos, la puesta en marcha de una infraestructura para la distribución de gas natural resulta inviable a corto plazo debido a los altos costos logísticos y de inversión que requiere. Además, la demanda nacional tendría que adaptarse al uso de

un nuevo combustible, un proceso que tampoco se da de manera inmediata y que enfrenta la competencia de opciones energéticas más accesibles en el contexto actual.

El retraso en la transición energética y el proceso de descarbonización en Costa Rica ha llevado a que, en este momento, una transición basada en gas natural parezca poco factible. Aunque el gas natural podría representar una opción con menores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otros combustibles fósiles, el conjunto de barreras identificadas sugiere que el país debería enfocarse en explorar y promover alternativas energéticas más viables y alineadas con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo.

En conclusión, dadas las múltiples dificultades y la falta de condiciones favorables, el gas natural no se presenta como una opción conveniente para ser considerado como combustible de transición en el contexto actual de Costa Rica. Por tanto, resulta prioritario replantear las estrategias energéticas y dirigir los esfuerzos hacia opciones que permitan avanzar de manera más efectiva en los objetivos de transición energética y descarbonización.

## **RECOMENDACIONES**

A partir de los resultados de esta investigación, y complementando con información secundaria, así como con insumos provenientes de entrevistas y grupos focales con actores clave, se proponen recomendaciones en forma de lineamientos de políticas. Estas sugerencias, fundamentadas en los principios de la economía de la energía y la economía ambiental, buscan contribuir al desarrollo de una matriz energética en Costa Rica que equilibre la sostenibilidad ambiental con la viabilidad económica.

### **Recomendaciones de Política Pública**

No se descarta la posibilidad de incorporar el gas natural en la matriz energética de Costa Rica; no obstante, dadas las condiciones legales y económicas actuales, es necesario explorar alternativas que garanticen una matriz energética accesible para la población, competitiva para la producción y ambientalmente sostenible.

Como primera recomendación de política pública, se propone aprovechar la infraestructura existente de GLP en el país, dado que este combustible es una opción menos contaminante y económicamente más viable en comparación con el diésel y el búnker. Actualmente, ya se han registrado conversiones de vehículos a GLP, lo que sugiere una oportunidad para fomentar la adopción de este combustible en el transporte pesado.

Existen precedentes exitosos en el país, así como numerosos talleres especializados en estas transformaciones, lo que facilitaría su implementación a mayor escala. Para viabilizar esta transición, se recomienda el diseño e implementación de un esquema de incentivos, incluyendo subsidios, dirigido a las empresas de transporte pesado que realicen la conversión de sus vehículos a GLP. Este tipo de apoyo contribuiría a reducir los costos iniciales de adaptación, facilitando la adopción de una alternativa energética más eficiente y ambientalmente sostenible en el sector transporte.

En el ámbito de la generación eléctrica, se recomienda establecer una alianza estratégica entre RECOPE y el ICE para garantizar un suministro estable de GLP destinado a una planta de generación eléctrica del ICE. Esta iniciativa permitiría sustituir el respaldo actual basado en búnker, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y minimizando el impacto ambiental. Además, el uso de GLP como respaldo energético no solo contribuiría a una matriz más limpia, sino que también resultaría en una alternativa competitiva tanto desde el punto de vista energético como económico.

Dado el objetivo de avanzar hacia una matriz energética cada vez más sustentada en fuentes renovables, se recomienda fortalecer la inversión en energías limpias. Como se evidenció en los antecedentes de esta investigación, además de la energía hidroeléctrica—actualmente la principal fuente de generación eléctrica en el país—las energías solar y eólica han adquirido un papel relevante. Sin embargo, la capacidad hidroeléctrica por sí sola no es suficiente para cubrir la demanda energética en su totalidad, lo que hace necesario fomentar el desarrollo de fuentes complementarias como la solar y la eólica.

Para lograr este objetivo, es fundamental implementar incentivos fiscales que promuevan la inversión en proyectos de generación renovable, tanto a nivel empresarial como comunitario. Asimismo, se recomienda simplificar los procesos de permisos para la instalación y operación de estas iniciativas, reduciendo barreras burocráticas y facilitando el acceso a tecnologías sostenibles que contribuyan a una matriz energética más resiliente y diversificada.

En los grupos focales realizados durante esta investigación, se identificó que una de las fuentes energéticas con mayor potencial para el futuro, más que una alternativa de transición, es el hidrógeno verde. Ante esta perspectiva, se recomienda impulsar la investigación y el desarrollo de tecnologías relacionadas con el hidrógeno verde y el plasma como fuentes energéticas innovadoras.

Para ello, una estrategia clave sería fortalecer la colaboración con iniciativas de investigación ya en marcha en el país, como las lideradas por Franklin Chang, que buscan

desarrollar y aplicar estas tecnologías en el contexto costarricense. El apoyo a estos proyectos no solo permitiría diversificar la matriz energética con soluciones sostenibles, sino que también posicionaría a Costa Rica como un referente regional en energía limpia, generando nuevas oportunidades de mercado y promoviendo la innovación en el sector energético.

Como también se destacó en los grupos focales, Costa Rica avanza hacia la electromovilidad, conforme lo establecen las políticas públicas vigentes. En este contexto, resulta fundamental reactivar el estudio del tren eléctrico de pasajeros como una alternativa clave para reducir la dependencia de los combustibles fósiles en el transporte público y fomentar una movilidad más sostenible.

Para ello, es necesario retomar el análisis y diseño de este proyecto, asegurando una evaluación integral que contemple tanto su viabilidad económica como su impacto ambiental. Un estudio detallado permitirá determinar la sostenibilidad a largo plazo de esta iniciativa, identificando los beneficios en términos de reducción de emisiones, eficiencia energética y mejoras en la calidad del transporte urbano.

En la misma línea, también es prioritario reactivar el estudio del tren eléctrico de carga. La implementación de un sistema de transporte ferroviario de carga basado en electricidad permitiría optimizar la movilización de mercancías con menores emisiones de carbono, contribuyendo a la sostenibilidad del sector logístico y reduciendo la dependencia de combustibles fósiles.

Además de su impacto ambiental positivo, un tren eléctrico de carga fortalecería la competitividad del sector industrial y comercial al ofrecer una alternativa de transporte más eficiente y sostenible. Para ello, se recomienda realizar un análisis detallado de su viabilidad económica, incluyendo un estudio del impacto en las cadenas de suministro nacionales e internacionales. Esto permitirá identificar los beneficios en términos de costos logísticos, tiempos de traslado y su contribución a la transición hacia una infraestructura de transporte más limpia y resiliente.

Durante las entrevistas sobre movilidad sostenible realizadas para la creación del modelo de telaraña, uno de los actores destacó el éxito de países como Suecia y Dinamarca en la implementación de transporte pesado de cero emisiones. Tomando en cuenta estas experiencias, se recomienda fomentar alianzas estratégicas internacionales para fortalecer el desarrollo de este tipo de transporte en Costa Rica.

En este sentido, sería clave establecer convenios de cooperación con naciones que han avanzado significativamente en esta área, permitiendo la transferencia de tecnología, el

acceso a capacitación especializada y la posibilidad de financiamiento conjunto para proyectos piloto en el país. Estas alianzas no solo facilitarían la adopción de soluciones innovadoras en el transporte pesado, sino que también contribuirían a la reducción de emisiones y al cumplimiento de los objetivos de descarbonización y sostenibilidad en el sector.

Para todo lo anterior se requiere el desarrollo de estudios financieros y socioeconómicos que garanticen la conveniencia de las iniciativas. Estas acciones representan una oportunidad para consolidar un modelo de desarrollo energético sostenible, promoviendo simultáneamente la descarbonización de la economía, la innovación tecnológica y la mejora en la calidad de vida de la población.

En caso de que las propuestas relacionadas con el uso de GNL en el país y la autorización de RECOPE para tal propósito sean aprobadas, será fundamental realizar los estudios de preinversión necesarios. Estos estudios permitirán reducir la incertidumbre y mitigar los riesgos asociados al desarrollo de este nuevo producto, además de garantizar que las inversiones en infraestructura se alineen con los volúmenes de demanda proyectados. Todo esto deberá ejecutarse en cumplimiento de las disposiciones establecidas por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) de MIDEPLAN.

Además, en caso de que de igual manera se decida promover el uso del GNL, se recomienda impulsar políticas públicas que disminuyan su precio, con el fin de estimular su consumo y que sea competitivo frente a los combustibles contra los que compite.

#### **Recomendaciones metodológicas -líneas de investigación futuras**

Se podría considerar la realización de nuevos grupos focales, incluyendo a los mismos actores que participaron en esta investigación y ampliando la convocatoria a sectores que no fue posible contactar previamente. Entre ellos, podrían incorporarse referentes clave como Franklin Chang, Alimentos ProSalud, VICAL Grupo Vidriero Centroamericano, CEMEX, representantes de diversas fracciones políticas en la Asamblea Legislativa, el MEIC, gobiernos locales y empresas de transporte privado, entre otros.

En esta ocasión, se sugiere utilizar como base el presente documento, donde se han analizado las barreras que enfrenta el gas natural, para facilitar una discusión estructurada y orientada a la identificación de alternativas viables. A través de una lluvia de ideas, se podrían explorar opciones para el respaldo de generación eléctrica con fuentes renovables, promoviendo soluciones que sean técnica, económica y ambientalmente sostenibles dentro del contexto energético del país.

Se recomienda realizar estudios técnicos que evalúen el potencial de las reservas de energía solar y eólica en Costa Rica, con el objetivo de utilizarlas como fuentes de respaldo en la generación eléctrica. Estos estudios deberían incluir un análisis detallado de la capacidad instalada y proyectada, factores de capacidad, costos de inversión y operación, así como la viabilidad económica y técnica de integrar estas fuentes en el sistema eléctrico nacional.

Además, sería fundamental evaluar modelos de almacenamiento energético, como baterías de alta capacidad o sistemas de almacenamiento térmico, que permitan maximizar el aprovechamiento de la energía generada y garantizar un suministro estable en períodos de baja generación renovable. Estos análisis proporcionarían información clave para la toma de decisiones en políticas energéticas y para la estructuración de incentivos que impulsen la inversión en soluciones de respaldo sostenible.

## REFERENCIAS

- Arias, K. M. (2014). Gobernanza energética y neonacionalismo caso Refinería del Pacífico: Implicaciones en política energética, económica, social y ambiental. (Tesis de Maestría en Ciencias Sociales, Flacso Andes).  
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/6178/2/TFLACSO-2014KMAM.pdf>
- Acuña, O. (2014). Estudio de prefactibilidad técnico y financiero para evaluar la conveniencia de una terminal de importación de gas natural licuado en las cercanías del puerto de Moín, Limón. [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio UCR  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/4298>
- Acuña, A., Bolívar, L., Ramírez, J. (2014). Diseño mecánico de trasiego y selección de la tecnología de almacenamiento para una terminal de importación costera de gas natural licuado (GNL) en Costa Rica. [Tesis de licenciatura en ingeniería mecánica, Universidad de Costa Rica]. Repositorio UCR.  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2475>
- AES Panamá, 2019. Conversión de combustibles.  
<https://www.aespanama.com/es/conversion-de-combustibles>
- AES Panamá, 2022. Energas y AES rompen la dependencia de República Dominicana en el petróleo. <https://www.aespanama.com/es/case-story/energasy-aes-rompen-la-dependencia-de-republica-dominicana-en-el-petroleo>
- Alam, M. S. (2009). Bringing energy back into the economy. *Review of Radical Political Economics*, 41(2), 170-185.
- Albuquerque, C.; Souza, J. P.; Ferraz, S. A. (2014). Nova Economia Institucional: Vertentes Complementares. *Revista Ibero Americana de Estrategia*, São Paulo, ano 2014, v. 13, n. 1, p. 93-108. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331231566007>
- Ayala, N. (2023). Matriz Energética de Panamá: Camino al 2035. *ENERLAC*, v. 2, n. 2.
- Banco Centroamericano de Integración Centroamericano [BCIE]. (2021). Capítulo República Dominicana. Potenciando el uso del gas natural en la región SICA.
- Banco Centroamericano de Integración Centroamericano [BCIE]. (2021). Potenciando el uso del Gas Natural en la región SICA - Banco Centroamericano de Integración Económica.  
<https://www.bcie.org/potenciando-el-uso-del-gas-natural-en-la-region-sica>
- Belmont S., L., Barrera R., A. S., & Saldivar Valdez, A. (2004). *Sustitución de gasolina por gas natural comprimido en los vehículos de la ZMCM: análisis costo-beneficio*. *Análisis Económico*, XIX(42), 225-243.

- Berrospi, F. J., Colina, I. J., Holguín, C. O., Zúñiga, R. R. (2021). Propuesta de uso del GNL como combustible para transporte vehicular de carga pesada e interprovincial de pasajeros a lo largo del corredor vial costero en el Perú (Tesis de Maestría en Gestión de la Energía). Universidad ESAN.
- Boulding, K. (2003). LA ECONOMÍA DE LA FUTURA NAVE ESPACIAL TIERRA. Revista de Economía Crítica (14). <http://www.revistaeconomicacritica.org/sites/default/files/revistas/n14/Clasicos3-art.pdf>
- Camarda, M. F. (2020). La gobernanza de la eficiencia energética: una política pública efectiva para fortalecer la transición energética hacia modelos de desarrollo económico sustentable. Administración Pública Y Sociedad (APyS), (9), 153–180. Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/APyS/article/view/25184>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Dávila, M. (2012). *Perspectiva sobre el potencial uso del Gas Natural en Costa Rica* (Documento No.:508726-000-49ER-0001). RECOPE. [https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2012/09/SNC-Lavalin\\_Perspectivas\\_sobre\\_uso\\_de\\_LNGen\\_CR.pdf](https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2012/09/SNC-Lavalin_Perspectivas_sobre_uso_de_LNGen_CR.pdf)
- de Farias, M. E. A. C., de Fátima Martins, M., & Cândido, G. A. (2021). Agenda 2030 e Energías Renováveis: sinergias e desafios para alcance do desenvolvimento sustentável. *Research, Society and Development*, 10(17).
- Deloitte. (2019). *Gas natural en México. Oportunidades para su uso vehicular e industrial*. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/finance/articles/gas-natural-en-Mexico.html>
- Di Sbroiavacca, N., Dubrovsky, H., Nadal, G. y Contreras, R. (2019). Rol y perspectivas del gas natural en la transformación energética de América Latina: Aportes a la implementación del Observatorio Regional sobre Energías Sostenibles. Documento de Proyectos (LC/TS.2019/23), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL),2019.
- Díaz, D. E. (2012). La Economía de la Energía: Una Introducción Teórica al Análisis Costo-Beneficio ya la Asignación Eficiente de los recursos. Kairos: Revista de temas sociales, (30), 3-24.
- Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. y Tanabe, K. (Eds.), (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES). Japón. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

- EPA. (2018), United States Environmental Protection Agency. Available from: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gasemissions>
- Escala, S. (2017). La energía y su enfoque jurídico en Panamá.
- Estrada, J., Rodríguez, V. y Ventura, V. (2022). El gas natural en México: Impacto de la política de autosuficiencia, seguridad y soberanía en la transición y la integración energética regional. (LC/MEX/TS.2022/12), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.
- Fernández, J., Arce, R. (2008). Ponencia de energía "opciones al nuevo entorno energético internacional". San José, Costa Rica: PEN. <https://hdl.handle.net/20.500.12337/489>
- Fontaine, Guillaume y Alicia Puyana (2008). La guerra de fuego: políticas petroleras y crisis energética en América Latina. Quito: FLACSO.
- Fuentes, J. (2009). Política energética y política exterior norteamericana en el sistema de gobernanza. [Tesis de maestría en Ciencias Sociales con mención en Relaciones Internacionales, FLACSO Ecuador]. Repositorio Digital FLACSO Ecuador <http://hdl.handle.net/10469/1237>
- Garber, A. M., & Phelps, C. E. (1997). Economic foundations of cost-effectiveness analysis. *Journal of health economics*, 16(1), 1-31.
- García, N., Gutiérrez, A. L., Hernández, A., Miranda, Y. A., Yépez, A. R., & Rodríguez, O. (2021). Análisis comparativo de la Reforma Energética 2013 y 2021 para México, en términos de competitividad y eficiencia energética. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 10. Recuperado a partir de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3433>
- García, H., Corredor, A., Calderón, L. y Gómez, M. (2013). *Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia*. WWF. FEDESARROLLO. Centro de Investigación Económica y Social.
- Georgescu-Roegen, N. (1975). Energy and economic myths. *Southern economic journal*, 347-381.
- Guerrero, F. y Llano, F. (2003). Gas natural en Colombia. *Estudios Gerenciales*, Universidad ICESI, n.87.
- González, R. (2020). Matriz energética mundial y el cambio climático: estado actual. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/15654>.

- Greif, A.; Kingston, G. (2011). Institutions: Rules or Equilibria? In: Schofield N., Caballero G. (orgs.). Political Economy of Institutions, Democracy and Voting. SpringerVerlag Berlin Heidelberg.
- Guzowski, C. (2010). Economía de la energía: Perspectivas teóricas y metodológicas para su implementación. VI Jornadas de Sociología de la UNLP, 9 y 10 de diciembre de 2010, La Plata, Argentina. En Memoria Académica. Disponible en: [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab\\_eventos/ev.5039/ev.5039.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.5039/ev.5039.pdf)
- International Energy Agency (IEA). (2023). CO2 emissions by sector. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>
- International Organization for Standardization. (1983). ISO 14532:2014(en) Natural gas. ISO.
- Labandeira, X., León, C., Vásquez, M. (2007). Economía ambiental. <https://www.ucipfg.com/biblioteca/files/original/a9ec0f087d88de08c170380e87e5c05a.pdf>
- Ley 42747 de 2023. De establecimiento de las condiciones técnicas para la importación, transporte, distribución y comercialización de gas natural licuado para sustituir el búnker en uso industrial y comercial. 25 de febrero de 2023. D.O. No.35.
- Manzanares (2020). Desarrollo sostenible y políticas públicas: enfoque de la ONU y ecología política. Revista Ciencia Jurídica y Política 6 (12). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/446/4461920005/html/>
- Márquez, M. (1989). *La industria del gas natural en México, 1970-1985* (1st ed.). El Colegio de Mexico. <https://doi.org/10.2307/j.ctv26d95m>
- Martínez-Alier, J. (1998). Curso de economía ecológica. <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/del/Curso de Economia Ecologica.pdf>
- Martínez, B.C. (2021). Costo-efectividad de proyectos de restauración ecológica orientados a la regulación hídrica. Un enfoque desde simulación hidrológica. (Tesis de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81227/1065572472.2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Martínez, C. I. P. (2015). Energy and sustainable development in cities: a case study of Bogotá. *Energy*, 92 (3), 612–621.
- Meltzer, D. (2001). Theoretical Foundations of Medical Cost-Effectiveness Analysis: Implications for the Measurement of Benefits and Costs of Medical Interventions. En

- D. M. Cutler, & E. R. Berndt, Medical Care Output and Productivity (págs. 98-117). Chicago: The University of Chicago Press
- Mitrica, E. (2023). Economic analysis of the initial investment for intermediary introduction of compressed natural gas in Romania. *Energy for Sustainable Development*, 76(101270), pp.1-15.  
[https://www.scopus.com/una/remotexs.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85164282273&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=79bcb68f834da401801f81ae89d800f4&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubjabbr%2C"ENVI"%2Ct%2C"ENER"%2Ct&s=TITLE-ABS-KEY%28cost-benefit+analysis+natural+gas%29&sl=48&sessionSearchId=79bcb68f834da401801f81ae89d800f4](https://www.scopus.com/una/remotexs.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85164282273&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=79bcb68f834da401801f81ae89d800f4&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubjabbr%2C)
- NORTH, D. C. (1990). Institutions, Institutional Change and Economic Performance.
- NORTH, D. C. (1991). Institutions. *The Journal of Economic Perspectives*, v. 5, n. 1, p. 97-112.
- Organización Latinoamericana de Energía [OLADE], (2022). Panorama Energético de América Latina y El Caribe 2022. OLADE. Quito, Ecuador.
- Oviedo, J. A. (2022). Costa Rica y Gas Natural: panorama, reglamentación de mercado y contratos de suministros y transporte. Universidad Buenos Aires, Argentina.
- Organización de las Naciones Unidas. (2011). Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. (ONU)
- Orillac, R. (2021). La necesidad de una Terminal de Gas Natural Licuado por la costa del Océano Pacífico de Panamá. [Tesis para optar por Máster en Negocio y Derecho Marítimo, Universidad Pontificia ICAI ICADE Comillas, Madrid].
- Orozco, S. (2000). Cambio Climático Regional en Tlaxcala. [Tesis para optar por Maestro en Geografía, Universidad Autónoma de México], Repositorio de Tesis DGBSDI, Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información, UNAM.  
<https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000277377>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinergmin]. (2014). La industria del gas natural en el Perú: A diez años del Proyecto Camisea. Lima, Perú.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinergmin]. (2021). La industria del gas natural en el Perú: Mirando al Bicentenario y perspectivas recientes. Lima, Perú.
- Programa Estado de La Nación [PEN]. (2021). Impacto de la covid-19 en el uso de la flota vial en Costa Rica y sus implicaciones en términos de emisiones de CO2 al ambiente. San José.  
[https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8226/Fernandez\\_D](https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8226/Fernandez_D)

[Impacto covid 19 uso flota vial CR implicaciones emisiones CO2 ambiente IEN 2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8400)

- Programa Estado de La Nación [PEN]. (2022). Capítulo 04: balance: armonía con la naturaleza [2022]. <https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8400>
- Promigas Perú. (2023). Informe del Sector Gas Natural Perú. Quavii.
- Ramírez Tovar, A. M., Moreno-Chuquen, R., & Carrillo Rodríguez, L. A. (2021). *The colombian energy policy challenges in front of climate change*. Ramírez Tovar, A. M., Moreno-Chuquen, R., & Carrillo Rodríguez, L. A. (2021). EconJournals. <https://red.uao.edu.co/handle/10614/13896>
- Refinadora Costarricense de Petróleo [RECOPE]. (2012). Perfil de Proyecto: Terminal de Importación De Gas Natural Licuado. Departamento de Formulación de Proyectos. RECOPE.
- REN21. (2018), Renewables 2018 Global Status Report. Paris, France: REN21 Secretariat
- REN21. (2022). Renewables 2022 Global Status Report. REN21 Secretariat. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report>
- Robbins, L. (1932). An essay on the nature and significance of economic science. Macmillan.
- Rodríguez, V. (2002). Estudio de suministro de gas natural desde Venezuela y Colombia a Costa Rica y Panamá. CEPAL. Santiago, Chile. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6400-estudio-suministro-gas-natural-venezuela-colombia-costa-rica-panama>
- Rosen, M. A. (2009). Energy sustainability: a pragmatic approach and illustrations. Sustainability, 1, (1), 55-80.
- Rubiolo, J. (2022). El ahorro por el gas natural. <https://www.aes.com/es/blog/el-ahorro-por-el-gas-natural>
- Ruiz, M. (2022). Análisis sobre la situación del gas natural y su rol en la transición energética en Colombia. Plataforma para una Reactivación Sostenible (PLARS)
- Saldarriaga, C., Vásquez, E. y Chavarría, S. (2011). *Análisis Costo-Beneficio del Programa de Gas Natural Vehicular aplicado en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Revista Gestión y Ambiente, 14(1), 143-150. ISSN 0124.177.
- Schofield, N.; Caballero, G. (2011). Political Economy of Institutions, Democracy and Voting. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Secretaría de Energía [SENER]. (2016). Prospectiva de Gas Natural, 2016-2030. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177624/Prospectiva\\_de\\_Gas\\_Natural\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177624/Prospectiva_de_Gas_Natural_2016-2030.pdf)
- Sweeney, J. L. (2002). Economics of Energy. Department of Management Science and Engineering Terman Engineering Center, 4.9(48), pp.1-28.
- Tejeda, L. (2023). República Dominicana apuesta por el gas natural. ¿Cuáles son los riesgos?
- Vallejo, J. (2024). El controvertido rol del gas que dificulta los compromisos climáticos de República Dominicana.
- Van Hauwermeiren, S. (2001). Manual de Economía Ecológica. <https://vdocuments.net/manualde-economia-ecologica.html>
- Vilpoux, O. F.; Oliveira, E. J. DE. (2010). Instituições informais e governanças em arranjos produtivos locais. Revista de Economia Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 85-111, 11 nov. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/QZRGmGrt44d8wR7JzcdqH8H/?format=pdf&lang=pt>
- WILLIAMSON, O. E. (2008). Revisiting legal realism: The law, economics, and organization perspective. Industrial and Corporate Change, v. 5, n. 2.
- Zárate, D., Ramírez, R. (2016) Matriz energética de Costa Rica: Renovabilidad de las fuentes y reversibilidad de los usos de energía. Friedrich Ebert Stiftung.

## ANEXOS

### Anexo 1. Cuestionario para Grupo Focal

#### GRUPO FOCAL: RETOS Y BARRERAS INSTITUCIONALES DEL GAS NATURAL COMO FUENTE DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN COSTA RICA

**Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE),  
Costa Rica, Heredia**

Cuestionario con fines académicos

<b>Nombre</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Correo electrónico</b>		
<b>EMPRESA O INSTITUCIÓN</b>		
<b>PAÍS</b>		
<b>DESCRIPCIÓN DEL PUESTO EN QUE SE DESEMPEÑA</b>		

### INTRODUCCIÓN

El Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE) está llevando a cabo una investigación crucial que se centra en los retos y barreras institucionales del gas natural como fuente de transición energética en Costa Rica. Esta investigación cobra una relevancia inmediata en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), a los cuales Costa Rica se ha comprometido, particularmente en la búsqueda de la descarbonización.

El objetivo principal de esta encuesta es recopilar información valiosa de diversos actores del sector energético en Costa Rica. Buscamos entender los desafíos institucionales y las barreras que enfrenta el país en su camino hacia una movilidad sostenible. Esta información será fundamental para identificar políticas y recomendaciones que impulsen los cambios necesarios en el marco institucional costarricense para lograr la transición del sector del transporte hacia la descarbonización.

Su participación es de gran importancia para esta investigación. Agradecemos sinceramente su tiempo y colaboración en este estudio. Sus aportes contribuirán significativamente a los esfuerzos para lograr una movilidad sostenible en Costa Rica y, por ende, avanzar hacia un futuro más próspero y sostenible para todos.

Para efectos de esta encuesta definimos el concepto de **institucionalidad** como aquel conjunto de leyes, reglas, normas y formas de organización que existen en una sociedad; estas pueden ser formales o informales. Son como las reglas de un juego que todos deben seguir. Estas reglas pueden ser tanto las leyes que establece el gobierno, como las costumbres y tradiciones que la gente sigue.

## PREGUNTAS

1. Dada la serie de limitaciones que existen en Costa Rica en materia energética para cumplir las metas del plan nacional de descarbonización ¿Por qué aún no se ha planteado un combustible de transición?

2. ¿Cuáles de las siguientes categorías considera que son los principales desafíos institucionales para avanzar hacia un país descarbonizado? (Puede seleccionar más de una opción)

- a. Normativas/legales
- b. Regulatorios
- c. Ambientales
- d. Económicos
- e. Políticos

3. ¿Cuál podría ser un posible combustible de transición energética?

4. ¿Podría ser el gas natural, ese combustible de transición? ¿Por qué?

5. ¿Qué factores legales limitan que el gas natural sea una realidad en el país?

6. ¿Qué factores económicos limitan que el gas natural sea una realidad en el país?

7. ¿Qué factores ambientales limitan que el gas natural sea una realidad en el país?

8. ¿Qué factores sociales limitan que el gas natural sea una realidad en el país?

9. ¿Qué iniciativas específicas han sido propuestas o implementadas para promover la viabilidad del gas natural en Costa Rica, y cuál ha sido su impacto hasta el momento?

10. ¿Cómo afecta la regulación actual la implementación del gas natural como fuente de energía en los sectores de transporte e industrial en Costa Rica?

11. ¿Cuáles son las razones que podrían generar dudas en la adopción del gas natural como fuente de energía en los sectores de transporte e industrial en Costa Rica?

12. ¿Cómo pueden las políticas gubernamentales, la investigación y la participación de la sociedad civil contribuir a superar los obstáculos y promover la adopción del gas natural en Costa Rica?

13. ¿Cuáles son las tecnologías y prácticas innovadoras que podrían ser desarrolladas o adoptadas para hacer que el gas natural sea más viable y sostenible en el contexto costarricense, y quién debería liderar estos esfuerzos?

14. ¿Qué lecciones pueden extraerse de experiencias similares en otros países o regiones que han logrado una transición exitosa hacia el uso de gas natural, y cómo pueden aplicarse en el contexto de Costa Rica?

15. ¿Cuál es el papel de la educación, la concientización pública y la colaboración internacional en el impulso del gas natural en Costa Rica, y cómo pueden ser fortalecidos estos aspectos en el trabajo conjunto de los diferentes actores involucrados?

El equipo académico agradece su valiosa colaboración y aprovechamos la ocasión para reiterarle nuestra sincera gratitud

CINPE, UNA  
Tel. (506) 2562-4300  
Apartado 2393-3000  
Heredia, Costa Rica  
[www.cinpe.una.ac.cr](http://www.cinpe.una.ac.cr)

## Anexo 2. Cuestionario para Entrevista

### ENCUESTA: RETOS Y BARRERAS INSTITUCIONALES DEL GAS NATURAL COMO FUENTE DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN COSTA RICA

**Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE),  
Costa Rica, Heredia**

Encuesta con fines académicos

<b>Nombre</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Correo electrónico</b>		
<b>EMPRESA O INSTITUCIÓN</b>		
<b>PAÍS</b>		
<b>DESCRIPCIÓN DEL PUESTO EN QUE SE DESEMPEÑA</b>		

## **INTRODUCCIÓN**

El Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE) está llevando a cabo una investigación crucial que se centra en los retos y barreras institucionales del gas natural como fuente de transición energética en Costa Rica. Esta investigación cobra una relevancia inmediata en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), a los cuales Costa Rica se ha comprometido, particularmente en la búsqueda de la descarbonización.

El objetivo principal de esta encuesta es recopilar información valiosa de diversos actores del sector energético en Costa Rica. Buscamos entender los desafíos institucionales y las barreras que enfrenta el país en su camino hacia una movilidad sostenible. Esta información será fundamental para identificar políticas y recomendaciones que impulsen los cambios necesarios en el marco institucional costarricense para lograr la transición del sector del transporte hacia la descarbonización.

Su participación es de gran importancia para esta investigación. Agradecemos sinceramente su tiempo y colaboración en este estudio. Sus aportes contribuirán significativamente a los esfuerzos para lograr una movilidad sostenible en Costa Rica y, por ende, avanzar hacia un futuro más próspero y sostenible para todos.

Para efectos de esta encuesta definimos el concepto de **institucionalidad** como aquel conjunto de leyes, reglas, normas y formas de organización que existen en una sociedad; estas pueden ser formales o informales. Son como las reglas de un juego que todos deben seguir. Estas reglas pueden ser tanto las leyes que establece el gobierno, como las costumbres y tradiciones que la gente sigue.

## PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA

### CONOCIMIENTO SOBRE MOVILIDAD SOSTENIBLE

¿Cuál es su comprensión sobre el concepto de movilidad sostenible?

### DESAFÍOS INSTITUCIONALES

¿Cuáles de las siguientes categorías considera que son los principales desafíos institucionales para promover la movilidad sostenible en Costa Rica? (Puede seleccionar más de una opción)

- f. Normativas/legales
- g. Regulatorios
- h. Ambientales
- i. Económicos
- j. Políticos

¿Cómo evalúa la efectividad de las políticas actuales en el impulso de la movilidad sostenible?

¿Qué medidas adicionales considera que serían necesarias para fortalecer la movilidad sostenible?

### **BARRERAS PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE**

¿Cuáles son las principales barreras que enfrenta Costa Rica en el camino hacia la movilidad sostenible?

¿Cómo afectan estas barreras a la implementación de soluciones sostenibles en el sector del transporte?

### **RECOMENDACIONES DE POLÍTICAS**

¿Qué recomendaciones haría para promover cambios significativos en el marco institucional costarricense y facilitar la transición del sector transporte hacia la descarbonización?

--

### **FINANCIAMIENTO Y RECURSOS**

¿Cuál es su percepción sobre la disponibilidad de financiamiento y recursos para proyectos de movilidad sostenible en Costa Rica?

--

¿Cuáles son los principales desafíos relacionados con la obtención de financiamiento para proyectos de movilidad sostenible en el país?

--

### **PARTICIPACIÓN Y COLABORACIÓN**

¿Cómo evaluaría el nivel de colaboración entre los diferentes actores del sector energético y de transporte en Costa Rica para promover la movilidad sostenible?

--

¿Qué acciones considera necesarias para mantener o cambiar las relaciones de participación y colaboración entre los diferentes actores involucrados?

## **EDUCACIÓN Y CONCIENCIA PÚBLICA**

¿Qué estrategias considera efectivas para aumentar la conciencia pública sobre la importancia de la movilidad sostenible y su impacto en Costa Rica?

¿Cuál es el papel de la educación y la sensibilización en la promoción de cambios de comportamiento hacia prácticas de movilidad más sostenibles?

## **TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**

¿Cómo cree que la tecnología y la innovación pueden contribuir a superar los desafíos en la implementación de soluciones de movilidad sostenible en Costa Rica?

¿Considera usted necesario el uso de combustibles alternativos para facilitar la transición energética hacia una movilidad más sostenible en Costa Rica? En caso afirmativo, ¿cuál cree que podría ser el combustible alternativo más viable y adecuado para impulsar esta transición?

### **EVALUACIÓN DE IMPACTO**

¿Qué indicadores o métricas considera importantes para evaluar el impacto de las políticas y medidas implementadas en el sector de la movilidad sostenible?

El equipo académico agradece su valiosa colaboración y aprovechamos la ocasión para reiterarle nuestra sincera gratitud

CINPE, UNA  
Tel. (506) 2562-4300  
Apartado 2393-3000  
Heredia, Costa Rica  
[www.cinpe.una.ac.cr](http://www.cinpe.una.ac.cr)

### Anexo 3. Estimación de costos de infraestructura asociados a importación a granel al 2035

<b>Componente o Servicio</b>	<b>Costo de Inversión (US\$ - ago-22)</b>
Recondensador	1,214,110
Separador	643,056
Tanque de almacenamiento de GNL	51,951,564
Bombas de tanques	767,280
Bombas de despacho	4,588,633
Compresor de gas vaporizado	2,580,040
Equipo protección contra fuego	1,593,832
Generación de emergencia	1,253,576
Estación de medición	537,247
Sistema de llenado de camiones	1,361,025
Tambor recolector de antorcha	88,108
Bombas de antorcha	141,942
Chimenea de antorcha	358,165
Sistema de aire de planta e instrumentos	309,454
Movimiento de tierra (asignación)	1,382,693
Edificaciones (asignación)	1,574,752
Adecuación terminal (asignación)	2,074,040
Subestación eléctrica	10,365,981
Sistema de control distribuido	1,611,740

Sistema de paro de emergencia	662,604
Modificaciones al puerto	6,913,466
<b>TOTAL</b>	<b>91,973,310</b>

---

Nota: elaboración propia con datos de RECOPE, 2023, p.24

#### Anexo 4. Escenario de una tarifa de GNL sin IU

En el escenario sin el IU, se aplicaron todos los tributos de nacionalización, que son los siguientes:

- 13% del IVA (Ley 9635)
- 1% de la Ley 6946
- 10% de la Ley 9356

Además de los supuestos ya explicitados en la metodología de este documento, la estimación de la tarifa se basa en las siguientes premisas realizadas por RECOPE (2023):

- La tarifa sólo considera el año base del inicio de operación (2025), según las condiciones proyectadas, así como algunas variables de la ecuación de precio vigentes al momento del estudio, como el canon de regulación.
- El precio CIF en Moín se determina a partir de una cotización proporcionada por un proveedor. Debido a razones de confidencialidad, dicha cotización no se incluye en este documento.
- No se consideró el capital de trabajo en este análisis, ya que no se disponía de información suficiente para su estimación. Sin embargo, se prevé que el impacto sobre la tarifa sería mínimo. En su lugar, se aplicó un peso histórico relativo del 10% del costo total de la obra, como referencia conservadora.
- Se utilizó una tasa de rédito del 7,23%, calculada conforme al procedimiento regulatorio vigente. Esta tasa, junto con el valor del proyecto, el capital de trabajo y la demanda proyectada, sirvió como base para estimar el rendimiento tarifario.

- Se asumió que el margen de operación del GNL es similar al del GLP, considerando ciertas similitudes en sus operaciones y el hecho de que el GNL sustituirá parcialmente al GLP. Este enfoque conserva un criterio conservador para la estimación tarifaria, utilizando el margen del GLP del período 2022, basado en los estados contables de 2021.
- La estimación de los costos portuarios se basó en información suministrada por el Departamento de Comercio Internacional.
- Se incorporaron los tributos establecidos en la Ley 9134, que interpreta y regula contribuciones relacionadas con el subsidio al combustible utilizado por pescadores, conforme a la Ley 7384 y sus reformas.
- No se aplicó el subsidio sectorial estipulado en el Decreto Ejecutivo 39437-MINAE, ya que este decreto regula exclusivamente la relación entre los precios internacionales del GLP y el búnker, sin incluir al GNL en su alcance.
- El cálculo del impuesto único se realizó como un promedio simple de los impuestos aplicados al GLP y al búnker, los combustibles que el GNL sustituiría en mayor proporción. No se consideró el impuesto del diésel, dado que su sustitución se estima mínima.
- No se incluyeron los costos asociados al transporte ni a la regasificación del GNL, ya que serán asumidos directamente por los clientes.
- Las variables como diferenciales de precios y ajustes de liquidación fueron excluidas, ya que están sujetas a fluctuaciones semestrales y dependen de las condiciones específicas de venta, lo que no es aplicable al GNL al no contar con registros históricos de ventas.
- El Costo de Adquisición (COA), definido en la metodología RE-0024-JD-2022, considera los costos de importación y portuarios. Para este ejercicio, se empleó el tipo de cambio vigente en el momento de la fijación tarifaria (603.51 CRC/USD) y se calcularon según las ecuaciones 09 y 10 de la metodología mencionada. (p.28)

#### Anexo 5. Datos para el cálculo del ACE

Año	GLP _sust (m³)	Búnker _sust (m³)	Diésel _sust (m³)	GLP_r ed	GLP_e nergía (MJ)	GLP_ costo sust	Búnker _red	Búnker _energía a (MJ)	Búnker _costo sust	Diésel_ red	Diésel_ energía (MJ)	Diésel_ _costo sust	Total_emision es_reducidas (kg CO2)	Total_co sto_susti tución
-----	----------------------	-------------------------	-------------------------	-------------	-------------------------	-----------------------	----------------	------------------------------	--------------------------	----------------	----------------------------	---------------------------	---	---------------------------------

				CO2 (kg)			CO2 (kg)			CO2 (kg)				
2 0 2 5	3380 7	0	0	54463	86140 2	1554 8313	0	0	0	0	0	0	54463	1554831 3
2 0 2 6	4764 8	7110	7565	76761	12140 71	2191 3982	22048	297497	53698 14	19767	292032	52711 72	118576	3255496 8
2 0 2 7	6236 2	14221	15450	10046 5	15889 84	2868 1157	44099	595035	10740 383	40371	596416	10765 315	184935	5018685 5
2 0 2 8	7795 0	21331	23652	12557 7	19861 66	3585 0296	66147	892532	16110 197	61803	913038	16480 339	253528	6844083 2
2 0 2 9	9441 1	28441	32156	15209 6	24055 92	4342 0941	88196	119002 8	21480 011	84024	124131 8	22405 791	324315	8730674 3
2 0	1117 46	35551	40962	18002 3	28472 88	5139 3550	110244	148752 5	26849 825	107034	158125 6	28541 672	397300	1067850 47

3 0														
2 0 3 1	1299 53	42662	50081	20935 4	33112 02	5976 7204	132295	178506 3	32220 394	130862	193327 7	34895 647	472511	1268832 46
2 0 3 2	1490 34	49772	59494	24009 4	37973 86	6854 2823	154343	208256 0	37590 208	155458	229664 7	41454 476	549895	1475875 08
2 0 3 3	1689 89	56882	69214	27224 1	43058 40	7772 0407	176391	238005 7	42960 022	180856	267186 8	48227 218	629489	1689076 48
2 0 3 4	1898 17	63993	79230	30579 5	48365 37	8729 9496	198442	267759 5	48330 592	207028	305851 6	55206 208	711265	1908362 96
2 0 3 5	2115 18	71103	89548	34075 5	53894 79	9728 0089	220490	297509 2	53700 406	233989	345682 1	62395 627	795235	2133761 22
2 0	2340 93	78213	10016 4	37712 4	59646 90	1076 6264 8	242539	327258 8	59070 220	261729	386663 1	69792 688	881391	2365255 55





																	2			e			e					e			
																	r			s/			s/					s/			
																e			k			k					k				
																d			g			g					g				
																u			C			C					C				
																c			O			O					O				
															i			2			2						2				
															d			re			re						re				
															o			du			du						du				
															)			ci			ci						ci				
																		d			d						d				
																		o)			o)						o)				
2	3	0	0	5	8	1	0	0	0	0	0	0	544	15	285	39	7	1	2	54	9	1	54	1	2	54	1	54	9	1	
0	3			4	6	5						63	54		21	9	4	8	46	7	7	46	5	8	46	5	46	7	7		
2	8			4	1	5							83		6	9	4	5	3	0	8	3	5	5	3	5	3	0	8		
5	0			6	4	4							13			2	2			8			4			4		8		8	
	7			3	0	8										9	7			0			8			8		0		0	
					2	3										9	3			0			3			3		0		5	
						1										4				5			1			1					
						3										5							3			3					

2	4	7	7	7	1	2	2	2	5	1	2	5	118	32	275	72	1	2	2	96	1	1	11	3	2	96	2	11	2	1
0	7	1	5	6	2	1	2	9	3	9	9	2	576	55		29	4	6	8	52	6	7	85	2	7	52	7	85	0	7
2	6	1	6	7	1	9	0	7	6	7	2	7		49		5	7	5	2	8	9	6	76	5	5	8	1	76	3	1
6	4	0	5	6	4	1	4	4	9	6	0	1		68			3	9			7			5			8		2	1
				1	0	3	8	9	8	7	3	1					5	6			3			4			5		6	
					7	9		7	1		2	7					0	7			7			9			1		5	
					1	8			4			2					3	2			7			6			5		6	
					2							2					4				8			8			4		5	
2	6	1	1	1	1	2	4	5	1	4	5	1	184	50	271	10	2	3	2	14	2	1	18	5	2	14	3	18	3	1
0	2	4	5	0	5	8	4	9	0	0	9	0	935	18		67	1	9	8	08	4	7	49	0	7	08	9	49	1	6
2	3	2	4	0	8	6	0	5	7	3	6	7		68		58	7	2	0	36	6	5	35	1	1	36	4	35	3	9
7	6	2	5	4	8	8	9	0	4	7	4	6		55			5	7			2			8			4		3	
					6	9	1	9	3	0	1	1					9	5			9			6			6		5	
					5	8	1		5	3		6					3	6			4			8			4		5	
					4	5				8		1					6	4			5			5			7		0	
					7				3			5					9				9			5			2		5	
2	7	2	2	1	1	3	6	8	1	6	9	1	253	68	270	14	2	5	2	18	3	1	25	6	2	18	5	25	4	1
0	7	1	3	2	9	5	6	9	6	1	1	6	528	44		26	9	2	7	73	2	7	35	8	7	73	2	35	2	6
2	9	3	6	5	8	8	1	2	1	8	3	4		08		02	0	4	9	80	6	4	28	4	0	80	3	28	7	9
8	5	3	5	5	6	5	4	5	1	0	0	8		32			6	6			7			4			3		3	
					7	1	0	7	3	0	3	3					5	2			4			0			0		2	

					6 6	9 6			9 7			3 9					0 5	4 1 4			0 3 1			8 3 2			6 3 5		8 6 3	
2 0 2 9	9 4 4 1 1	2 8 4 4	3 2 1 5 6	1 5 2 0 9 6	2 4 0 5 9 5 2 1	8 3 1 9 0 6	1 8 1 9 0 6	2 1 4 0 0 2 8 1 1	8 4 0 2 4	1 2 4 1 3 1 8	2 2 4 4 0 5 7 1	324 315	87 30 67 43	269	17 98 09	3 6 6 6 4 8 5 4	8 6 1 9 5 0 6 1	2 7 9	23 61 20	4 1 1 4 0 0 6 8 0	1 7 4	32 43 15	8 7 3 9 0 6 7 4 3	2 6 9 20	23 61 20	6 5 8 2 6 7 3 2	32 43 15	5 4 5 1 2 2 9 9	8 6 8 1 2 2 9 9	1 6 8
2 0 3 0	1 5 1 7 4 6	3 5 5 1	4 0 9 6 2	1 8 0 7 2 3 8 8	2 8 4 7 2 3 5 0	1 1 0 2 4 5	1 4 8 7 4 5 2 5	2 6 8 0 3 4 2 5	1 0 7 0 4 5 2 5	1 5 8 1 2 6	2 8 5 4 1 2	397 300	10 67 85 04 7	269	21 83 80	4 4 5 1 0 0 0 8	8 0 3 4 0 6 8 6	2 7 8	28 70 57	4 9 9 0 6 9 3	1 7 4	39 73 00	1 0 6 7 8 5 0 4 7	2 6 9 57	28 70 57	7 9 9 3 5 2 2	39 73 00	6 6 6 7 4 0 9 9	1 6 8	

2	1	4	5	2	3	5	1	1	3	1	1	3	472	12	269	25	5	9	2	34	5	1	47	1	2	34	9	47	7	1	
0	2	2	0	0	3	9	3	7	2	3	9	4	511	68		83	2	5	7	02	9	7	25	2	6	02	4	25	9	6	
3	9	6	0	9	1	7	2	8	2	0	3	8		83		27	6	0	8	16	1	4	11	6	9	16	6	11	2	8	
1	9	6	8	3	1	6	2	5	2	8	3	9		24			5	3			0			8		6		6	2	8	
	5	2	1	5	2	7	9	0	0	6	2	5		6			2	6			5			8		2		2	2	2	
	3			4	0	2	5	6	3	2	7	6					0	8			2			3		8		8	9	9	
					2	0		3	9		7	4					2	8			8			2		5		4	4	6	
					4				4			7					8				2			4		1		6			
2	1	4	5	2	3	6	1	2	3	1	2	4	549	14	268	29	6	1	2	39	6	1	54	1	2	39	1	54	9	1	
0	4	9	9	4	7	8	5	0	7	5	2	1	895	75		96	1	1	7	55	8	7	98	4	6	55	0	98	2	6	
3	9	7	4	0	9	5	4	8	5	5	9	4		87		28	0	0	8	52	6	4	95	7	8	52	9	95	1	8	
2	0	7	9	0	7	4	3	2	9	4	6	5		50			6	2			7			5		9		9	5	8	
	3	2	4	9	3	2	4	5	0	5	6	4		8			9	3			9			8		9		9	0	5	
	4			4	8	8	3	6	2	8	4	4					8	1			7			7		7		7	2	2	
					6	2		0	0		7	7					7	1			5			5		2		2	0	0	
					3				8			6						1			4			0		9		9	6	6	
																		4					8		8		9				
2	1	5	6	2	4	7	1	2	4	1	2	4	629	16	268	34	6	1	2	45	7	1	62	1	2	45	1	62	1	1	
0	6	6	9	7	3	7	7	3	2	8	6	8	489	89		22	9	2	7	30	8	7	94	6	6	30	2	94	0	6	
3	8	8	2	2	0	7	6	8	9	0	7	2		07		99	7	5	8	97	6	4	89	8	8	97	5	89	5	8	
3	9			2	5	2	3	0	6	8	1	2																			

	8	8	1	4	8	0	9	0	0	5	8	7		64			6	9			3			9			9		4	
	9	2	4	1	4	4	1	5	0	6	6	2		8			6	2			8			0			4		6	
					0	0		7			8	1					9	9			7			7			7		2	
						7			2			8					5	3			6			6			6		0	
												8						3			6			4			2		0	
												8						9			8			8			5		5	
2	1	6	7	3	4	8	1	2	4	2	3	5	711	19	268	38	7	1	2	51	8	1	71	1	2	51	1	71	1	1
0	8	3	9	0	8	7	9	6	8	0	0	5	265	08		63	8	4	7	28	8	7	12	9	6	28	4	12	1	6
3	9	9	2	5	3	2	8	7	3	7	5	2		36		26	7	2	8	23	9	4	65	0	8	23	2	65	9	8
4	8	9	3	7	6	9	4	7	3	0	8	0		29			4	1			7			8			5		1	
	1	3	0	9	5	9	4	5	0	2	5	6		6			0	2			7			3			0		5	
	7			5	3	4	2	9	5	8	1	2					6	6			7			6			5		3	
					7	9		5	9		6	0					5	8			2			2			7		7	
						6		2				8						6			6			9			0		4	
																		8						6			4		2	
2	2	7	8	3	5	9	2	2	5	2	3	6	795	21	268	43	8	1	2	57	9	1	79	2	2	57	1	79	1	1
0	1	1	9	4	3	7	2	9	3	3	4	2	235	33		17	7	5	7	47	9	7	52	1	6	47	5	52	3	6
3	1	1	5	0	8	2	0	7	7	3	5	3		76		16	9	8	8	44	6	3	35	3	8	44	9	35	3	8
5	5	0	4	7	9	8	4	5	0	9	6	9		12			9	8			9			3			6		2	
	1	3	8	5	4	0	9	0	0	8	8	5		2							7			7			7		2	
	8			5	7	0	0	9	4	9	2	6					1	2			8			6			5		7	

						8			0			2					9	4			0			1			7		0	
						9			6			7					2	1			2			2			1		8	
																	0							2			7		0	
2	2	7	1	3	5	1	2	3	5	2	3	6	881	23	268	47	9	1	2	63	1	1	88	2	2	63	1	88	1	1
0	3	8	0	7	9	0	4	2	9	6	8	9	391	65		84	7	7	7	88	1	7	13	3	6	88	7	13	4	6
3	4	2	0	7	6	7	2	7	0	1	6	7		25		65	5	6	8	52	0	3	91	6	8	52	7	91	7	8
6	0	1	1	1	4	6	5	2	7	7	6	9		55			2	0			7			5			4		6	
	9	3	6	2	6	6	3	5	0	2	6	2		5			0	2			9			2			5		8	
	3		4	4	9	2	9	8	2	9	3	6					2	4			8			5			5		1	
					0	6		8	2		1	8					8	1			9			5			3		0	
						4			0			8						0			8			5			3		5	
						8												9			2			5			6		3	
2	2	8	1	4	6	1	2	3	6	2	4	7	969	26	268	52	1	1	2	70	1	1	96	2	2	70	1	96	1	1
0	5	5	1	1	5	1	6	5	4	9	2	7	744	02		65	0	9	7	51	2	7	97	6	6	51	9	97	6	6
3	7	3	1	4	6	8	4	7	4	0	8	4		87		77	7	3	8	54	2	3	44	0	8	54	5	44	2	8
7	5	2	0	8	2	4	5	0	4	2	8	0		21			3	7			2			2			8		5	
	4	4	8	9	1	4	9	1	0	5	0	0		7			2	2			8			8			4		1	
	0		2	7	1	6	0	2	7	7	9	1					6	4			1			7			6		7	
					9	2		7	8		8	7					4	2			9			2			4		2	
						5			9			7					5	4			5			1			2		8	
						2											7				3			7			9		2	

2	2	9	1	4	7	1	2	3	6	3	4	8	106	28	268	57	1	2	2	77	1	1	10	2	2	77	2	10	1	1	
0	8	2	2	5	1	2	8	8	9	1	7	5	028	46		60	1	1	7	36	3	7	60	8	6	36	1	60	7	6	
3	1	4	2	4	8	9	6	6	8	9	2	2	5	58		50	7	1	8	47	4	3	28	4	8	47	4	28	7	8	
8	8	3	2	0	1	6	6	7	1	5	1	1		88			4	9			1		5	6			8	5	7	8	
	6	4	9	8	8	3	3	6	0	6	1	6		8			0	2			4			5			4		3		
	2		9	0	4	2	8	2	6	7	0	0					9	4			6			8			8		4		
					4	2		3	0		8	0					9	9			2			8			8		2		
						8			3			5					6	7			7			8			8		8		
						0												0				0			8			5		6	
2	3	9	1	4	7	1	3	4	7	3	5	9	115	30	269	62	1	2	2	84	1	1	11	3	2	84	2	11	1	1	
0	0	9	3	9	8	4	0	1	5	4	1	3	302	96		68	2	3	7	43	4	7	53	0	6	43	3	53	9	6	
3	7	5	3	4	2	1	8	6	1	9	6	2	2	42		86	7	0	8	36	6	3	02	9	9	36	4	02	3	8	
9	0	4	8	6	3	2	6	5	8	6	5	4		72			7	6			3		2	6			4	2	3		
	5	4	1	6	7	1	8	1	0	6	8	2		8			7	2			9			4			6		3		
	6		9	7	8	9	6	2	4	9	1	9					1	7			2		2	2			2		3		
					7	3		0	1		5	5					2	1			8		7	7			3		7		
						5			7			8					6	3			1		2	2			1		1		
						3												2			2		8			1		5			
2	3	1	1	5	8	1	3	4	8	3	5	1	124	33	269	67	1	2	2	91	1	1	12	3	2	91	2	12	2	1	
0	3	0	4	3	4	5	3	4	0	8	6	0	794	52		90	3	4	7	72	5	7	47	3	6	72	5	47	0	6	
4	3	6	5	6	8	3	0	6	5	0	2	1	9	36		83	8	9	8	15	9	3		5	9	15	4		9	8	
0	1	6	6	6	8	2	7	2	5	5	2	4																			

	2	5	3	6	0	0	3	6	0	5	0	7		87			4	8			0		94	2			6	94	3	
	4	4	8	3	0	8	4	1	2	2	6	8		2			0	2			2		9	3			8	9	1	
					0	3		7	3		4	2					9	9			0			6			6		4	
						9			1			5					9	8			4			8			6		1	
						1						0					0	7			1			7			4		0	
												0						8			3			2			1		2	