

Gas Natural Licuado



Combustible de transición energética en Colombia

EQUIPO DE TRABAJO

JUAN ESTEBAN TIBAQUIRÁ GIRALDO	I.M., M.SC, PH.D	DIRECTOR DEL PROYECTO
HAROLD SALAZAR ISAZA	I.E., M.SC, PH.D	INVESTIGADOR PRINCIPAL
ÁLVARO H. RESTREPO V.	I.M., M.SC, PH.D	INVESTIGADOR PRINCIPAL
CARLOS ARTURO SALDARRIAGA CORTÉS	I.E., M.SC, PH.D	INVESTIGADOR
MARIA VICTORIA RAMÍREZ MARTÍNEZ	I.E., M.SC, PH.D	INVESTIGADOR
AGUSTÍN VALVERDE GRANJA	I.M., M.SC, PH.D	INVESTIGADOR
JULIAN EDUARDO IBARRA VADILLO	I.E., M.SC	INVESTIGADOR
MARIA VICTORIA GASCA SEGURA	I.E., M.SC	INVESTIGADOR
TATIANA LOAIZA VERA	I.M., M.SC	INVESTIGADOR
JUAN CAMILO LÓPEZ RESTREPO	I.M., M.SC	INVESTIGADOR
JUAN CARLOS CASTILLO HERRERA	I.M., M.SC	INVESTIGADOR
SEBASTIÁN OSPINA CASTRO	I.M., M.SC	INVESTIGADOR
ÁNGEL ANDRÉS ANDRADE	I.M., M.SC	INVESTIGADOR
GIOVANNI ANDRÉS VARGAS GALVÁN	I.M., M.SC	INVESTIGADOR
ALEJANDRO CAÑAVERAL OSORIO	I.E.	INVESTIGADOR
JOSÉ ÓSCAR SÁNCHEZ RENDÓN	I.E.	INVESTIGADOR
DAVID ANDRÉS SERRATO TOBÓN	I.M.	INVESTIGADOR
JORGE ELIECER TORRES QUIÑONES	I.M.	INVESTIGADOR
JUAN CAMILO ZAPATA MINA	I.M.	INVESTIGADOR
MARISA MARYURY SÁNCHEZ TORO	I.M.	INVESTIGADOR
LEIDY DIANA ROMERO CASTAÑO	I.M.	INVESTIGADOR
DANIEL FELIPE ARÉVALE SANTOS	I.M.	INVESTIGADOR
MELISSA VALENCIA DUQUE	I.P.	INVESTIGADOR
ASTRID DANIELA HENAO RUSO	I.E.	INVESTIGADOR
JULIANA MURIEL MONTES	I.I.	ADMINISTRATIVA
DAVID LEONARDO BELTRAN COY	ESTUDIANTE	MONITOR
JUAN PABLO TORRES GIRALDO	ESTUDIANTE	MONITOR
NICOLÁS DUQUE ARANGO	ESTUDIANTE	MONITOR
FELIPE MORENO VIVEROS	ESTUDIANTE	MONITOR
SARA LOZANO RODRIGUEZ	ESTUDIANTE	MONITOR
SANTIAGO JARAMILLO RAMÍREZ	ESTUDIANTE	MONITOR
BRAYAN CAÑAVERAL OSORIO	ESTUDIANTE	MONITOR
JHON ALEXANDER OSORIO MENDOZA	D.V	ANIMADOR
MARÍA FERNANDA LEÓN LÓPEZ		VOZ EN OFF
IVÁN DAVID BUITRAGO TORRES		EDITOR DE AUDIO
LICETH CAROLINA MEJÍA MOSQUERA	D.V	ILUSTRADORA

PANORAMA ENERGÉTICO ACTUAL

La oferta de energía en el mundo para el año 2017 estuvo caracterizada por ser altamente dependiente de los recursos fósiles, llegando a un punto donde más del 80% de la energía ofertada en ese año fue obtenida de estos recursos (ver Figura 1) [1]. Colombia no es ajena a esta realidad, puesto que al considerar los diferentes sectores económicos del país, tales como el transporte, el termoeléctrico, el industrial, el comercial y el residencial, se estima que el 75% de la energía ofertada proviene de recursos fósiles [2].

Oferta de energía primaria

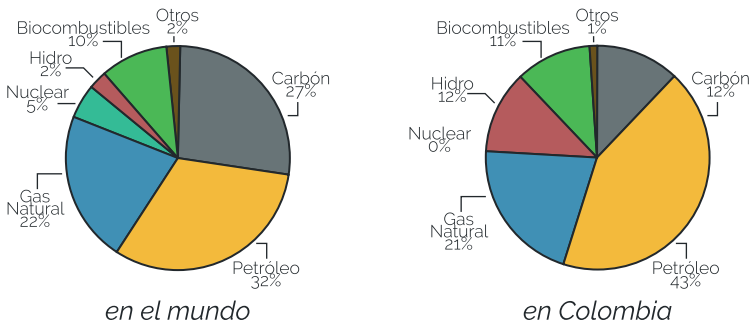


Figura 1. Oferta de energía primaria del mundo y Colombia.

En la Figura 2 se muestra la proyección anual del consumo de energía mundial y se destaca que, tendencias como esta indican que en las próximas décadas los combustibles fósiles continuarán

predominando en la oferta de energía primaria en el mundo y que la transición hacia políticas energéticas de bajas y cero emisiones son procesos a largo plazo [3].

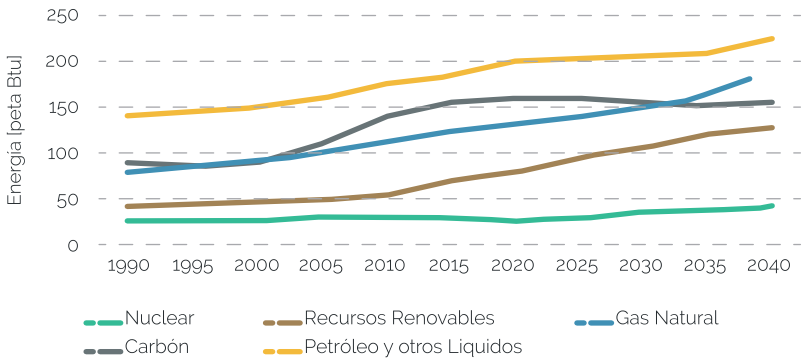


Figura 2. Proyecciones de consumo de energía mundial.



Figura 3.1 Combustibles fósiles y sus efectos.

Debido a las tendencias dominantes de los combustibles fósiles en la oferta de energía mundial, se espera que en el 2030 se presente un aumento de hasta un 30% en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) [4]. Las emisiones de CO₂ son características en los

PANORAMA ENERGÉTICO ACTUAL

procesos de combustión de combustibles fósiles y promueven fenómenos climáticos tales como el calentamiento global. Además del CO₂, el uso de los combustibles fósiles genera otras emisiones como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los óxidos de azufre (SO_x), entre otras, las cuales afectan la salud de los seres vivos (ver Figura 3).

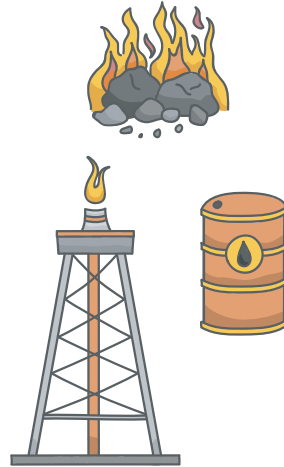


Figura 3.2 Combustibles fósiles.



Figura 3.3 Combustibles fósiles y sus efectos.

Entre los combustibles fósiles, se destaca que el gas natural permite satisfacer las necesidades crecientes de energía con baja generación de emisiones. Además es un combustible económico y tecnológicamente maduro; razones por las cuales es considerado un elemento de transición energética hacia políticas económicas de bajo carbono [5].

GAS NATURAL

COMO RECURSO ENERGÉTICO



Las principales características del gas natural son:

- Combustible de bajo contenido de carbono, por lo que su combustión genera menores emisiones de CO₂ en comparación con la gasolina y el diésel..
- Gran disponibilidad y producción mundial (4 billones de m³ en 2018) [6].
- Densidad energética entre 33 y 38 MJ/m³ a condiciones estándar [7].
- Su contenido de metano depende de la fuente de extracción.
- Combustible de origen fósil de bajo costo.
- Tecnológicamente presenta uno de los menores costos de generación de energía eléctrica, a comparación con otros recursos energéticos.

GAS NATURAL COMO RECURSO ENERGÉTICO

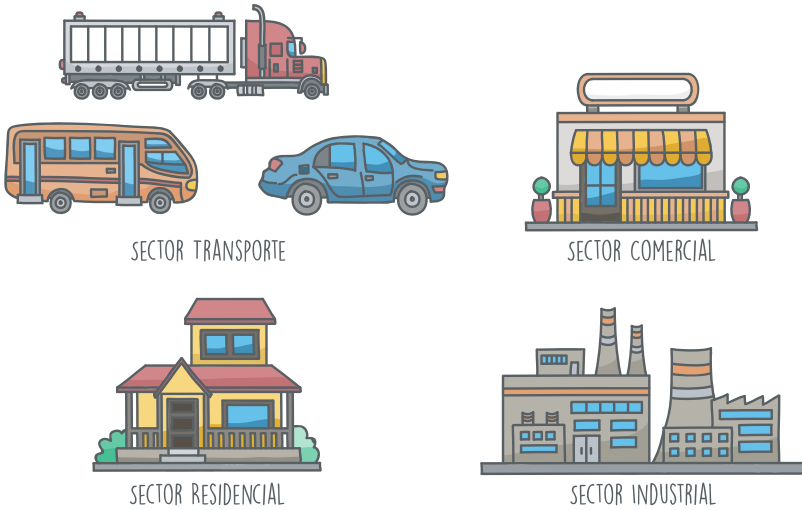


Figura 4. Sectores de uso del gas natural.

El gas natural, como combustible puede ser empleado en diferentes sectores económicos, tales como: el industrial, residencial, termoeléctrico y transporte. En dispositivos como calderas, hornos, turbinas, estufas, vehículos, entre otros (ver Figura 4).

GAS NATURAL EN COLOMBIA

No cabe duda que el gas natural se posiciona como el combustible de transición hacia políticas de bajo carbono, incluso, diferentes países a nivel mundial lo han adoptado como el punto de partida hacia la promoción y uso de fuentes de energía renovables. En Colombia, el gas natural ha tomado gran importancia, tanto así que, en las últimas dos décadas, su participación en la matriz energética nacional ha aumentado de un 17% a un 25%. Sin embargo, al día de hoy, 422 municipios del país no cuentan con suministro de gas natural, uno de los principales factores para que esto suceda es la geografía del territorio nacional. La Figura 5 muestra los departamentos del país con mayor porcentaje de no suministro de gas natural.

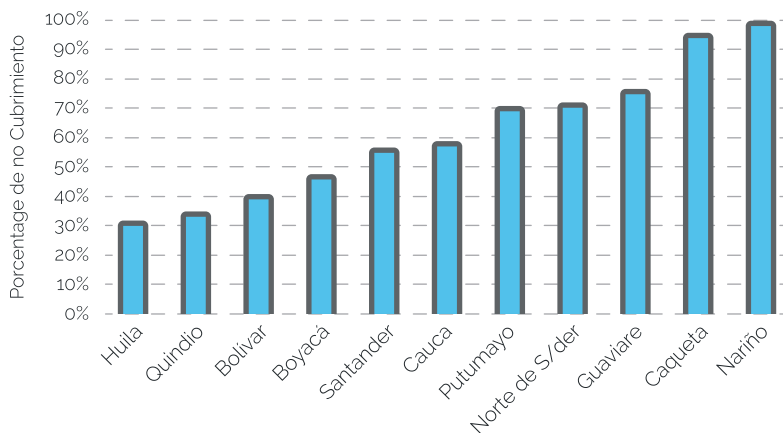


Figura 5. Departamentos con mayores índices de no cobertura de gas natural en el país.

GAS NATURAL EN COLOMBIA



Figura 6. Sistema nacional de transporte de gas natural.

La Figura 6 muestra la red de gasoductos del sistema nacional de transporte de gas natural [8], en ella se observa que existe una fracción importante del territorio nacional que no es abastecida con este recurso, por lo que surge la pregunta: ¿Cómo llevar gas natural a estos lugares? Una opción es transportar este recurso en barco o en camiones cisterna, puesto que esto ofrece la posibilidad de alcanzar mercados donde el transporte por gasoducto es económica, técnica o estratégicamente inviable. Para ello, el gas natural debe ser llevado a su fase líquida, denominado Gas Natural Licuado – GNL.

EL GNL COMO PORTADOR DE ENERGÍA

Para producir GNL inicialmente el gas natural es extraído de los yacimientos de hidrocarburos en su forma gaseosa a alta presión, luego se somete a un proceso de enfriamiento hasta disminuir su temperatura hasta aproximadamente -162°C a presión atmosférica, lo que hace que su fase cambie de gas a líquido y su volumen sea reducido hasta 600 veces [9].

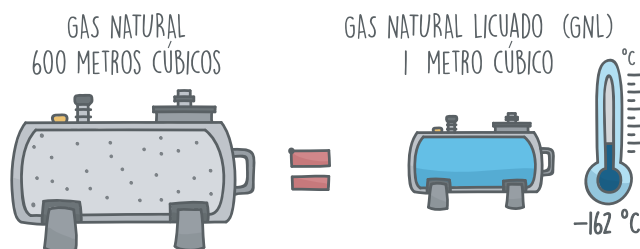


Figura 7. Reducción de volumen y nivel de energía.

Este proceso de cambio de fase se lleva a cabo en plantas de licuefacción, las cuales están clasificadas en escalas según su capacidad de producción como grande, mediana, pequeña y mini. Así, según las tasas de producción y uso de gas natural del país, se considera la posibilidad de producir de GNL a pequeña y mini escala en el territorio nacional, cuyas

EL GNL COMO PORTADOR DE ENERGÍA

capacidades de producción son de 60 a 800 t/día, 10 a 50 t/día, respectivamente [10]–[12].

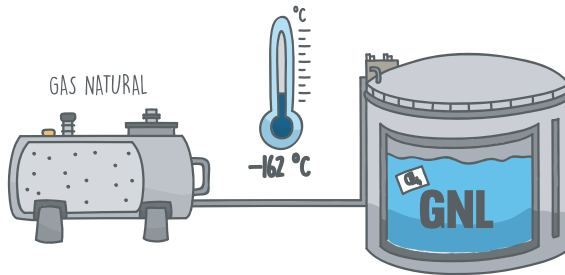


Figura 8. Proceso de licuefacción del gas natural.

Generalidades del GNL

Una vez en fase líquida, el gas natural presenta las siguientes características [9]:

- Combustible incoloro, inodoro, no tóxico, no explosivo, ni corrosivo.
- Temperatura: -162 °C a presión atmosférica.
- Es la forma más pura del gas natural (contenido de metano de hasta el 99,8%), menor contenido de azufre e impurezas y menores emisiones de SO_2 y otros contaminantes.
- Densidad energética entre 21 000 y 24 000 MJ/m³ a presión atmosférica y -162 °C .
- Bajo volumen específico (600 veces menor al del gas natural)
- Su transporte es fácil y económico.

Actualmente, los países líderes en producción y exportación de GNL son Qatar, Australia, Malasia, Nigeria, Indonesia, Algeria y Estados Unidos, los cuales representan el 80% de participación a nivel global [13]. Por lo tanto, se identifica que el GNL tiene un mercado activo y maduro a nivel mundial. En la Figura 8 se muestran las rutas comerciales de GNL existentes en la actualidad.

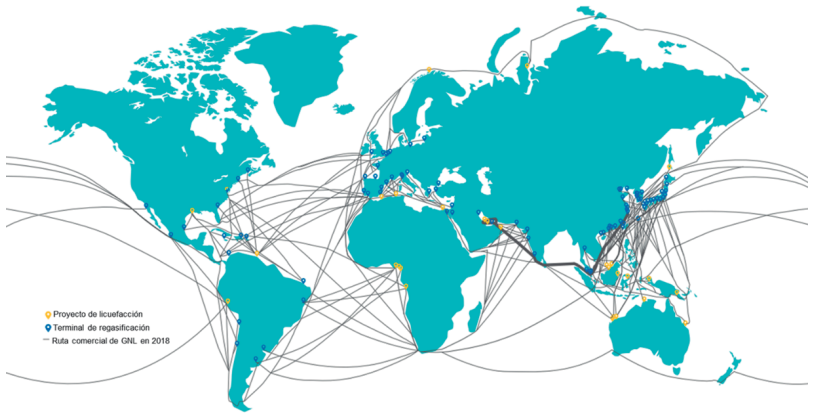


Figura 9. Rutas comerciales de GNL en el mundo.

Cadena productiva del GNL

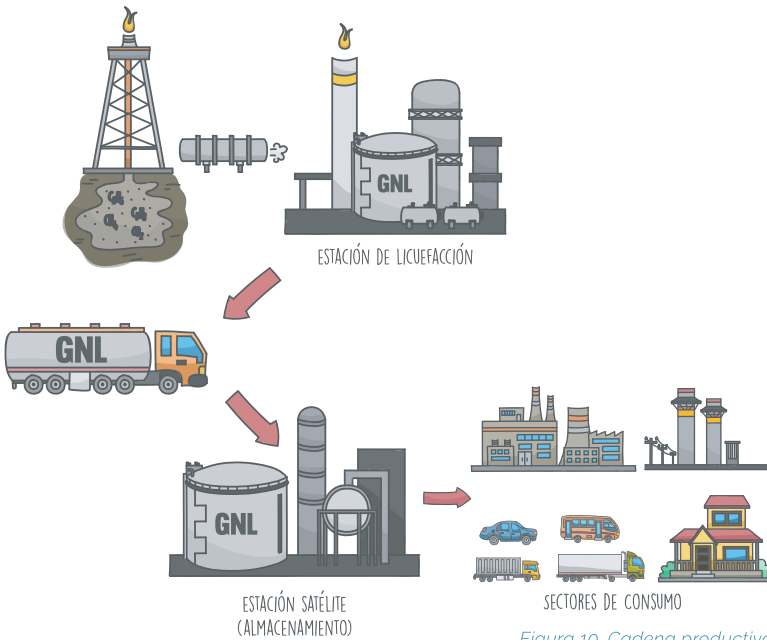


Figura 10. Cadena productiva.

El proceso que sigue el gas natural para convertirse en GNL inicia desde su obtención en la fuente (gasoducto, pozo, o incluso el obtenido en forma de biogás), hasta que es usado por el usuario final, el cual corresponde básicamente a los mismos sectores económicos que pueden emplear el gas

natural como combustible (transporte, industrial, termoeléctrico, y residencial). Este proceso se resume principalmente en tres fases: 1. Producción de GNL en planta de licuefacción y transporte en forma de gas licuado, 2. Almacenamiento y 3. Distribución hasta los puntos de consumo.

Antes de ser llevado al proceso de licuefacción, el gas natural debe someterse a un pretratamiento en donde se realiza la remoción de humedad, los componentes ácidos, y los hidrocarburos más pesados, los cuales están presentes en el gas y que no permiten realizar un proceso de licuefacción adecuado.

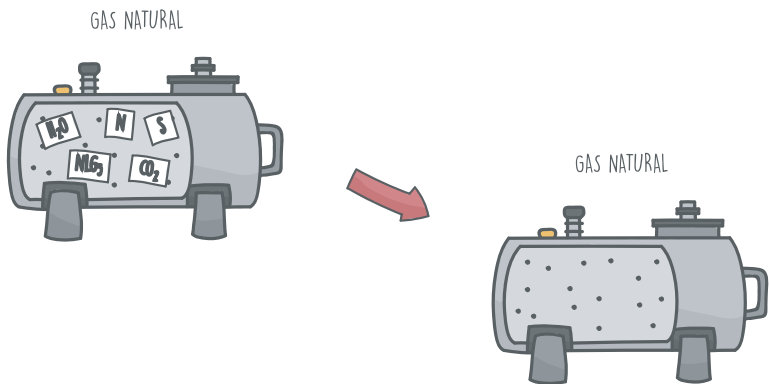


Figura 11. Pretratamiento del gas.

EL GNL COMO PORTADOR DE ENERGÍA

En la primera etapa, se obtiene el GNL mediante un proceso de enfriamiento en plantas de licuefacción, este se almacena en tanques criogénicos para después ser transportado a través de largas distancias en buques metaneros o camiones cisterna hacia las estaciones satélite, lo cual influye directamente sobre la cadena de valor y por lo tanto en la competitividad del gas natural frente a otros combustibles.

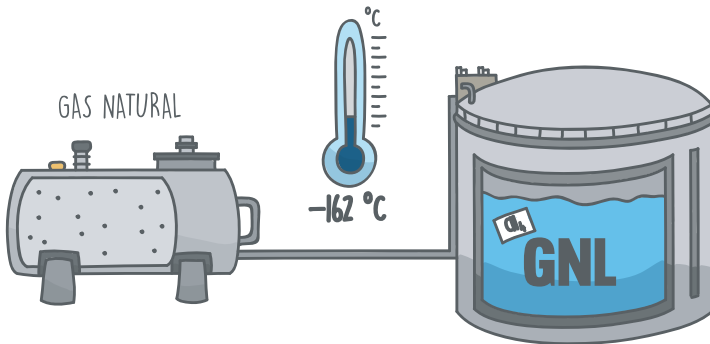


Figura 12. Proceso de enfriamiento.

Los puntos de almacenamiento o estaciones satélites del GNL están ubicados en puntos estratégicos entre la planta de licuefacción y el consumidor final, el cual es representado por los sectores económicos mencionados anteriormente.

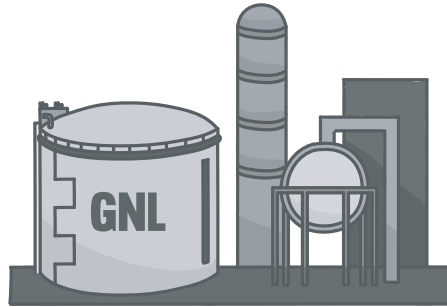


Figura 13. Almacenamiento.

En el sector transporte, el GNL puede ser usado directamente en los vehículos de carga pesada, mientras que en sectores como el termoeléctrico, el industrial, y el residencial, es requerido en su fase gaseosa, por lo que se necesita de un sistema de regasificación, donde el GNL intercambia calor con el aire ambiente o con agua de mar. Una vez es regasificado se regula la presión y entra en la red de gasoductos como gas natural.



Figura 14. Camiones cisterna al interior del país.

Usos del GNL

El GNL se torna una importante alternativa energética para los diferentes sectores de consumo de gas natural, los cuales son descritos a continuación:

Sector Transporte

En el sector transporte, el GNL podría ser almacenado en grandes cantidades en estaciones de servicio de gas natural vehicular para ser regasificado y posteriormente utilizado en vehículos livianos. Además, el GNL podría implementarse directamente como combustible en vehículos de carga, tales como camiones y tractocamiones, puesto que se pueden almacenar grandes cantidades de energía en poco espacio y ofrecer autonomías de hasta 1000 km entre recarga.

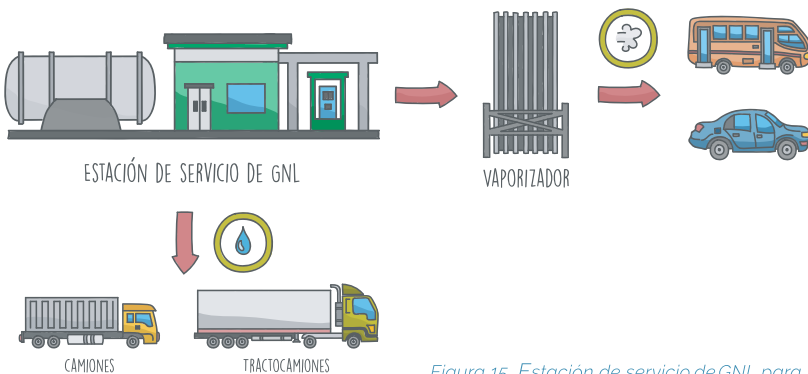


Figura 15. Estación de servicio de GNL para vehículos livianos y pesados.

El GNL surge entonces como una alternativa para reemplazar el uso del diésel en el sector transporte de carga colombiano, el cual representa el 5% del parque automotor del país, y consume el 88% del diésel nacional. Además es el responsable del 80% de las emisiones de material particulado (PM), el 60% de los NO_x, el 65% de los SO_x, el 50% del CO, y el 42% del CO₂ emitido en el país [14]. Así, la sustitución del diésel por GNL en el país en vehículos dedicados, reduciría considerablemente las emisiones derivadas del sector transporte de carga debido al menor contenido de carbono y de impurezas que este presenta.

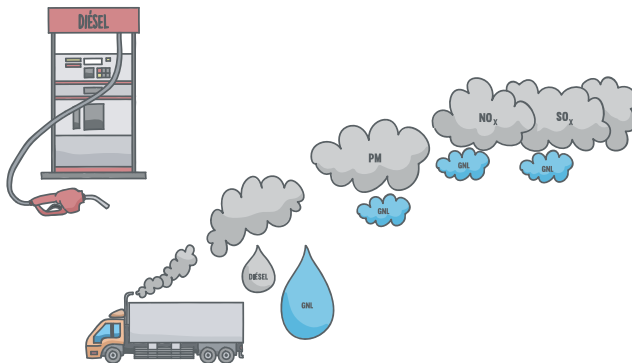


Figura 16. Emisiones de GNL y Diésel en vehículos.

Sector termoeléctrico, residencial e industrial

El sistema eléctrico nacional está caracterizado por la ocurrencia periódica de fenómenos climáticos que reducen la generación de energía por parte de las hidroeléctricas. Esta afectación debe ser respaldada por el sector termoeléctrico, demandando grandes cantidades de gas natural y combustibles líquidos para la generación de energía eléctrica. Así, el GNL se torna como una alternativa atractiva para el almacenamiento de gas natural, brindando flexibilidad y confiabilidad para las termoeléctricas del país y con ello al sector.

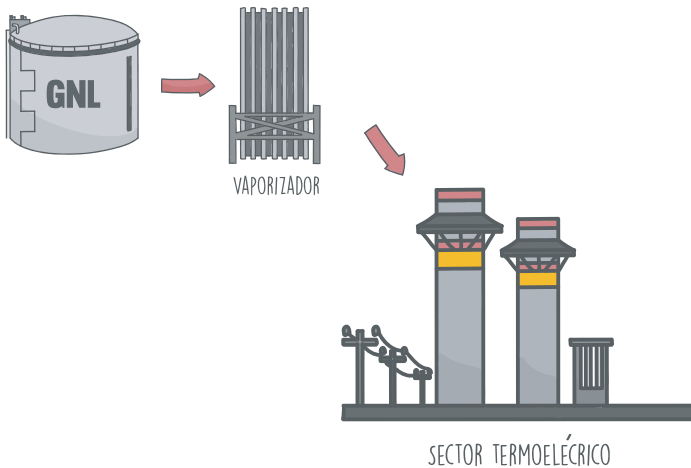


Figura 17. GNL en el sector termoeléctrico.

Al igual que el sector termoeléctrico, el industrial requiere mantener su seguridad energética mediante un suministro continuo del combustible, lo cual se puede lograr con el uso del GNL dado que este puede ser almacenado durante periodos de tiempo considerables.

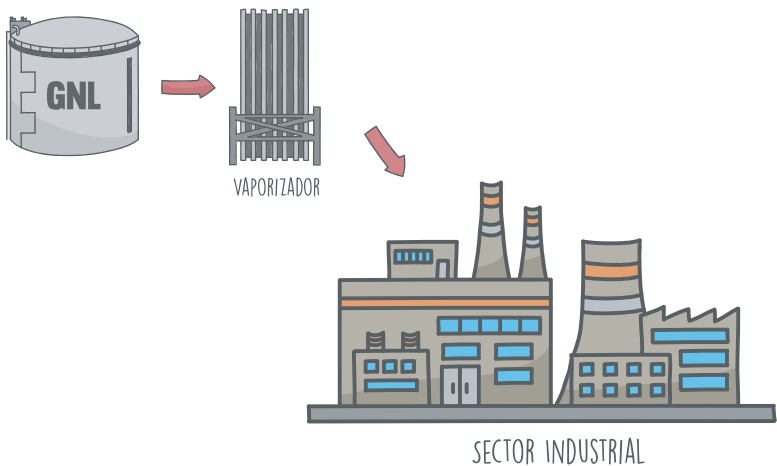


Figura 18. GNL en el sector industrial.

EL GNL COMO PORTADOR DE ENERGÍA

Finalmente, en el sector residencial, el GNL surge como una alternativa potencial para ampliar la cobertura del servicio de gas natural domiciliario dado que permite realizar su transporte vía terrestre (camión cisterna) o fluvial (barcazas) y llegar a departamentos como Cauca, Putumayo, Norte de Santander, Guaviare, Caquetá y Nariño, los cuales presentan cubrimiento de abastecimiento en porcentajes menores al 40% [8].

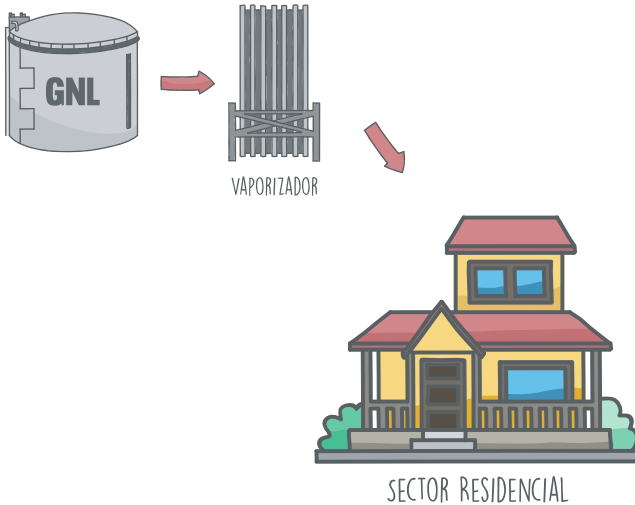


Figura 18. GNL en el sector residencial.

¿CÓMO INTRODUCIR EL GNL EN LOS SECTORES ECONÓMICOS DE COLOMBIA?

Para responder esta pregunta, la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) desarrolló SPIGAS (Sistema de Planeación Integral de Gas) la cual es una herramienta computacional que permite diseñar y analizar la infraestructura asociada a la cadena de valor del GNL.



Figura 19. Imagotipo spigas.

Esta herramienta permite determinar los requerimientos óptimos de infraestructura asociados a la producción, importación, transporte y uso del GNL, considerando su impacto sobre sectores estratégicos como el de transporte de vehículos de carga pesada, y todos aquellos que se abastecen de energía haciendo uso de la red nacional de transporte de gas natural por tubería.

¿CÓMO INTRODUCIR EL GNL EN LOS SECTORES ECONÓMICOS DE COLOMBIA?

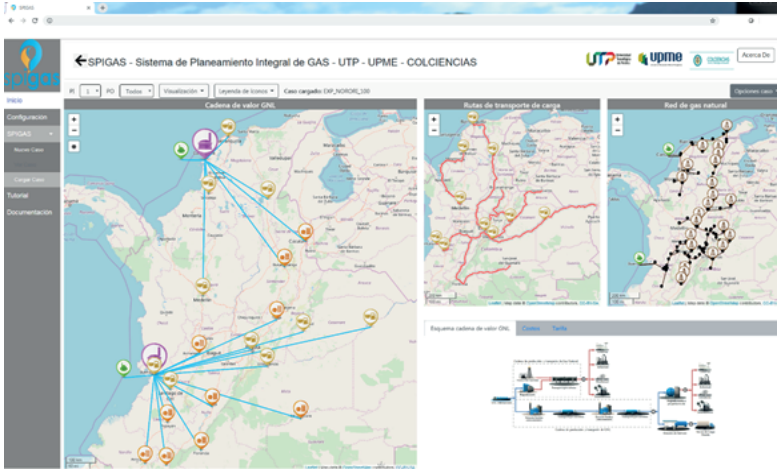


Figura 20. Imagen herramienta, interfaz inicio.

La herramienta SPIGAS se fundamenta en un modelo de optimización matemática exacta que considera los principales aspectos técnico-económicos de la infraestructura asociada a distintos sectores de interés. Esta herramienta se establece como el punto de partida para que la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) evalúe la incorporación del GNL en la matriz energética nacional y surja como una alternativa para la sustitución de combustibles convencionales como el diésel y el GLP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] International Energy Agency, "Key world energy statistics," Paris, 2018.

[2] UPME, "BALANCE ENERGÉTICO COLOMBIANO - BECO," Bogotá, 2019.

[3] BP, "Statistical Review of World Energy | Energy economics | Home," 2018. [Online]. Available: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. [Accessed: 04-Sep-2019].

[4] Exxon Mobile, "Outlook for Energy A View to 2030," 2009.

[5] M. S. Khan, S. Effendy, I. A. Karimi, and A. Wazwaz, "Improving design and operation at LNG regasification terminals through a corrected storage tank model," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 149, no. December 2018, pp. 344–353, 2019.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[6] IEA, "Natural gas information Overview," 2019.

[7] J. M. Ortiz, "Fundamentos de la Intercambiabilidad del Gas Natural," Ciencia, 2016.

[8] Promigas, "Informe del Sector Gas Natural 2018," 2018.

[9] B. B. Kanbur, L. Xiang, S. Dubey, F. H. Choo, and F. Duan, "Cold utilization systems of LNG: A review," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 79, no. May, pp. 1171–1188, 2017.

[10] Wärtsilä, "LNG Solutions," 2018.

[Online]. Available:

<https://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/gas-solutions/lng-solutions>.

[Accessed: 10-Dec-2018].

[11] The Linde Group, "The Linde Group," 2019. [Online]. Available: <https://www.the-linde-group.com/en/index.html>. [Accessed: 10-Jan-2019].

[12] Galileo Technologies, "Galileo Technologies," 2019. [Online]. Available: <https://www.galileoar.com>. [Accessed: 10-Jan-2019].

[13] International gas union, "2019 WORLD LNG REPORT," 2019.

[14] Asociación Colombiana de Vehículos Automotores - ANDEMOS -, "Inventario de Emisiones Vehículos Colombia y Movilidad Sostenible," pp. 1-24, 2017.

