

**ESTRATEGIAS DE USO DEL GAS NATURAL QUE DISMINUYAN LA
CONTAMINACIÓN POR DIÓXIDO DE CARBONO MEDIANTE LA REVISIÓN DE
UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL ENERGÉTICA**

NATALIA RÍOS RAMÍREZ

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2018**

**ESTRATEGIAS DE USO DEL GAS NATURAL QUE DISMINUYAN LA
CONTAMINACIÓN POR DIÓXIDO DE CARBONO MEDIANTE LA REVISIÓN DE
UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL ENERGÉTICA**

NATALIA RÍOS RAMÍREZ

Monografía para optar por el título de Especialista en Gestión Ambiental

**ASESOR
JIMMY EDGARD ÁLVAREZ DÍAZ
Biólogo, Doctor**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma director especialización

Firma Calificador

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Director de la Especialización en Gestión Ambiental

Dr. Francisco Archer Narváez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documentos. Estos corresponden únicamente al autor.

DEDICATORIA

Dedico este logro primero al creador, a ese Dios que me permitió vivir y que ha guiado mis pasos hasta donde he llegado hoy.

A mis padres que, con su ejemplo, valores, amor incondicional y apoyo, me dieron la oportunidad de acceder a una educación, privilegio que no todos los jóvenes tienen.

A mi querida hermana, quien con su amor y complicidad hace que mis días estén llenos de sonrisas y alegría.

A mi novio, que recorrió conmigo este camino hacia la profesionalidad, tomándome de su mano y acompañándome en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Mis sentimientos de agradecimiento van dirigidos a mis padres, porque gracias a su gran esfuerzo hoy puedo decir con orgullo que soy una profesional.

Hago una mención especial a mi asesor y docente Jimmy Álvarez, quien se mostró siempre dispuesto a colaborarme y guiarme durante el desarrollo de mi trabajo de grado; sin su ayuda no hubiera sido posible terminar con éxito este proyecto.

De igual manera, agradezco a todos mis profesores y al Director de la Especialización, el Doctor Francisco Archer, por su dedicación y empeño para que sus alumnos culminen con éxito esta etapa de sus vidas.

Por último, agradezco a mi novio Juan Manuel Duque, por ser mi apoyo incondicional y por siempre estar a mi lado.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	16
1. METODOLOGÍA	17
1.1 REVISIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DE LA ENERGIA (SGIE)	17
1.2 USO DEL GAS NATURAL EN EL SGIE	17
1.3 RECOPIACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS NACIONALES PARA EL USO DEL GAS NATURAL	18
2. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA	19
2.1 ISO 50001:2011	19
2.2 MARCO NORMATIVO EN SGIE	23
2.3 MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA COLOMBIANO	26
3. USO DEL GAS NATURAL EN EL SGIE	31
3.1 DESCRIPCIÓN DEL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE	31
3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL EN EL SGIE	45
3.2.1 Procedimiento de Análisis	45
3.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA	47
4. RECOPIACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS NACIONALES PARA EL USO DEL GAS NATURAL	52
4.1 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS	52
4.1.1 Descripción de Estrategia	52
4.1.2 Lineamientos de Sostenibilidad	53
4.1.3 Indicadores para el seguimiento de las estrategias implementadas	55
5. CONCLUSIONES	57
6. RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1: Normativa de Abastecimiento del Gas Natural.	23
Cuadro 2: Legislación Ambiental.	25
Cuadro 3: Pasos para la implementación del SGIE	27
Cuadro 4: Resultados esperados y registros para la etapa de Decisión Estratégica.	28
Cuadro 5: Resultados esperados y registros para la etapa de Instalación.	29
Cuadro 6: Resultados esperados y registros para la etapa de Operación	30
Cuadro 7: Equilibrio oferta-demanda para los escenarios bajo medio y alto	39
Cuadro 8: Matriz DOFA	46
Cuadro 9: Lineamientos de sostenibilidad para la implementación de la cogeneración en un SGIE	54
Cuadro 10: Indicadores de gestión, eficacia y eficiencia	56

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: Modelo de sistema de gestión de la energía	20
Figura 2: Representación conceptual del desempeño energético	21
Figura 3: Diagrama conceptual del proceso de planificación energética	22
Figura 4: Área de influencia	35
Figura 5: Lazo Abierto	42
Figura 6: Lazo Cerrado	43
Figura 7: Quinta Generación	43
Figura 8: Caldera de gas	44

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Propiedades físicas y químicas del gas natural	31
Tabla 2: Principales indicadores de hidrocarburos, gas natural y biocombustible	40

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1: Emisiones de CO ₂	32
Gráfica 2: Factores de Emisión	34
Gráfica 3: Reservas probadas, posibles y probables	36
Gráfica 4: Producción Nacional	37
Gráfica 5: Crecimiento de la demanda por sectores de consumo	38
Gráfica 6: Consumo de combustible mensual de la flota por tipo de bus	48
Gráfica 7: Promedio de kilómetros recorridos diariamente Articulado y Padrón	50
Gráfica 8: Análisis comparativo de emisiones por distancia recorrida	51

RESUMEN

Esta monografía tiene como objetivo establecer las estrategias para la disminución de emisiones de CO₂ mediante el uso del gas natural, siguiendo los lineamientos de un sistema de gestión integral de la energía (SGIE). Se revisó el SGIE en Colombia, basándose en la norma ISO 50001 y el marco normativo. Posteriormente, se realizó un análisis estratégico del uso del gas natural en Colombia, a través de experiencias aplicadas y exitosas que permitan la reducción de las emisiones de dióxido de carbono. Igualmente, se realizó una descripción detallada de todas las características del gas natural para lograr identificar sus beneficios y desventajas. Se presenta el sistema de transporte masivo de Medellín como un estudio de caso, el cual busca sustituir el combustible de los buses de gasolina a gas natural, con el fin de reducir costos y emisiones de CO₂. Se encontró que el uso del gas natural como fuente de combustión alterna conlleva varios beneficios, a pesar de no contar con un valor de desempeño energético superior a la gasolina o diésel. Finalmente, se plantean las diferentes estrategias de aplicación y uso del gas natural en términos de un SGIE; dentro de las cuales se encuentra la inclusión de una flota de buses bi-fuel para prever el futuro agotamiento del gas natural, invertir en tecnología de motores de inyección directa de gas para disminuir las emisiones de CO₂ y adquirir nueva tecnología de motores para optimizar la eficiencia del gas natural.

Palabras claves: Automóviles Bi-fuel, Eficiencia Energética, Emisiones Atmosféricas, Gas Natural, Sistema de Gestión Integral de la Energía, SGIE.

GLOSARIO

EFICIENCIA ENERGÉTICA: hace referencia a usar menos energía para proveer el mismo servicio; es un método para reducir el consumo de energía usando menor cantidad de energía y del cual se obtiene la misma salida

DESEMPEÑO ENERGÉTICO: es un término usado para medir los resultados relacionados al uso de energía, eficiencia energética y consumo de energía.

INTENSIDAD ENERGÉTICA: muestra la relación entre el consumo energético y el volumen de la actividad económica.

EMISIONES ATMOSFÉRICAS: son todos aquellos contaminantes descargados a la atmosfera provenientes de fuentes estacionarias o fijas. Algunos de estos contaminantes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono y el material particulado. Estas sustancias son las principales causantes del calentamiento global y reciben el nombre de gases de efecto invernadero.

DIÓXIDO DE CARBONO: es un gas incoloro e inodoro producido por la quema de carbón o compuestos orgánicos como los hidrocarburos y por el proceso de respiración de todos los animales; está conformado por un átomo de carbón y dos de oxígeno y hace parte de los gases de efecto invernadero.

METANO: es un gas inflamable y es el principal compuesto del gas natural. Es el compuesto más simple de la serie de alcanos de hidrocarburos.

LAZO CERRADO: es una tecnología convencional usada en motores alimentados por control electrónico de combustible que tienen sensor de oxígeno.

LAZO ABIERTO: tecnología aplicada en vehículos con motores alimentados por carburador o con control electrónico de combustible sin sensor de oxígeno.

QUINTA GENERACIÓN: tecnología utilizada en vehículos con motores alimentados por inyección electrónica, donde se instala un equipo que entrega gas natural a cada cilindro por medio de un inyector independiente, aparentando el proceso que se hace al usar gasolina.

BI-FUEL: vehículos que utilizan una mezcla carburante de butano y propano en los motores propulsados a gasolina

MATRIZ DOFA: herramienta utilizada para analizar cualquier situación, empresa, organización o producto para identificar sus debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas.

INTRODUCCIÓN

“Nadie discute que el gas natural barato sería una buena cosa para la economía. La pregunta es, ¿es un nuevo desarrollo sustentable que se puede contar en las próximas décadas, o simplemente una burbuja provocada por una apropiación de tierras y el frenesí de perforación?”

Jeff Goodell

La presente monografía se realiza con el propósito de generar nuevas estrategias de uso racional del gas natural, para lograr el abastecimiento de combustibles por la demanda creciente de las futuras generaciones; estas estrategias se basarán en el aumento de su eficiencia energética. Por consiguiente, este estudio apunta al cumplimiento de las metas establecidas en el séptimo objetivo de desarrollo sostenible propuesto por la ONU en el 2015, el cual se denomina “Energía Asequible y No Contaminante”. Las metas que se pretenden abordar con el desarrollo de este trabajo, de este objetivo son las siguientes: “(...) de aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética y ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo”¹.

¹ ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS –ONU-. Objetivos de desarrollo sostenible: 17 objetivos para transformar nuestro mundo. [Electronic (1)]. sec. Objetivos. [Consultado el Octubre 192017]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer las estrategias de uso del gas natural que disminuyan la contaminación por dióxido de carbono a partir de la revisión de un sistema de gestión integral de la energía.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el sistema de gestión integral de energía propuesto para Colombia, en conformidad con la norma de la gestión de la energía 50001.
- Realizar un análisis estratégico de las ventajas y desventajas del uso del gas natural en Colombia a través de experiencias aplicadas y exitosas que permitan la reducción de las emisiones de dióxido de carbono.
- Identificar las estrategias de aplicación y uso del gas natural en términos de un sistema de gestión integral de energía a través de una revisión bibliográfica de casos exitosos en la aplicación del gas natural.

1. METODOLOGÍA

1.1 REVISIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE)

Con la finalidad de conocer el SGIE, se realizará una búsqueda de información normativa en las bases de datos *Ambientalex* y *Leyex*, que permita recopilar la normativa existente en el país sobre la gestión energética. Para realizar esta búsqueda, se utilizarán palabras claves que detallen el tema grueso del sistema: gas natural, energía, gestión energética y sistema de gestión integral de la energía. Toda la información recopilada será organizada en una base de datos en *Excel* que permita relacionar la normativa, la entidad formuladora, el año de publicación y los actores sociales e industriales que entran dentro del alcance de la norma. Alguna de la normativa que se utilizará en el desarrollo de la monografía es la siguiente: Resolución 1988 de 2017, Decreto 2345 de 2015, Decreto 1372 de 2014, Resolución 31132 de 2016, entre otras.

Posteriormente se analizará la implementación de la ISO 50001 en el SGIE colombiano. En primer lugar se realizará una revisión bibliográfica de la Norma ISO 50001; esta revisión se hará mediante páginas oficiales y certificadas que brinden veracidad y confiabilidad sobre el tema. Seguido de esto, se realizará un análisis del SGIE colombiano basándose en esta norma. Se consultarán bases de datos como *Ebsco Host*, *One Petro* y *Science Direct*.

A continuación, se estudiarán los mecanismos por los cuales está estructurado el SGIE en Colombia. El mecanismo principal es el Programa Estratégico Nacional en Sistemas de Gestión Integral de la Energía. Para ello se revisará la página oficial del *Ministerio de Minas y Energía*, *Ministerio de Ambiente y Desarrollo* y la *UPME*.

1.2 USO DEL GAS NATURAL EN EL SGIE

Para definir el gas natural como recurso energético se procederá a consultar las bases de datos ofrecidas por la universidad como: *E-Libro*, *Ebsco Host*, *Science Direct*, *One Petro*, entre otros. Esta búsqueda se realizará haciendo uso de las siguientes palabras clave, las cuales permitirán el desglose del tema principal: gas natural, energía y recurso energético. Posteriormente se efectuará un análisis DOFA y PESTLE para identificar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que brinda el gas natural; para así determinar las ventajas y desventajas del mismo en el SGIE; aquí se deben describir los impactos ambientales negativos y positivos de la implementación del gas natural. Se debe recopilar la información de aplicación, producción, demanda y perspectiva de uso del gas natural en Colombia. Se deberá realizar una búsqueda bibliográfica para conocer el procedimiento y aplicación de las dos metodologías. Por último, se realizará un estudio sobre los casos de la eficiencia energética del gas.

1.3 RECOPIACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS NACIONALES PARA EL USO DEL GAS NATURAL

En el último capítulo de la monografía, se establecerá una definición de estrategia obtenida de páginas web oficiales que brinden veracidad sobre el tema. Se hará uso de bases de datos como *ScienceDirect*, *Ebsco Host* y *One Petro*. La búsqueda se realizará mediante las palabras clave: “estrategia de uso racionalizado”. Posteriormente, se recopilarán las estrategias existentes y se adaptarán al SGIE Colombiano. Estas estrategias se recopilarán en una base de datos creada en *Excel* que permita relacionar el propósito, objetivo, metas, actividades y sus indicadores de eficiencia.

2. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA

2.1 ISO 50001:2011

Según ISOTOOLS², en su sitio web menciona que el Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) se rige por la norma ISO 50001:2011, esta norma establece los requisitos que debe tener dicho sistema en una organización para sistematizar la mejora de su desempeño energético, el aumento de su eficiencia energética y la reducción de los impactos ambientales. Del mismo modo, este sistema incrementa las ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan las empresas. ISOTOOLS³, establece que la norma ISO 50001 se publicó oficialmente el 15 de junio de 2011 por la Organización Internacional para la Estandarización. Esto se realizó con el fin de mejorar los sistemas de gestión integral de la energía y estandarizarlos a nivel mundial.

Como ISOTOOLS⁴ menciona en su informe, el sistema de gestión energética, según la ISO 50001 facilita la integración con otros sistemas de gestión: calidad ambiental, seguridad y salud en el trabajo, gestión financiera y de riesgos. AENOR⁵, establece que a partir de esta Norma Internacional se puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas y planes de acción.

Cada plan de acción debe tener en cuenta los requisitos legales y la información referente al uso de la energía. “Mediante la implementación de esta norma, las organizaciones cumplirán los compromisos derivados de su política y podrán tomar acciones para mejorar su desempeño energético mostrando conformidad con los requisitos de esta Norma Internacional”⁶.

² ISOTOOLS, Argentina. La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía. En: Medio Ambiente y Energía. . [Electronic (1)]. Argentina. sec. Publicaciones. p. 1[Consultado el Octubre 192017]. Disponible en: <https://www.isotools.org/pdfs/monografico-ISO-50001.pdf>

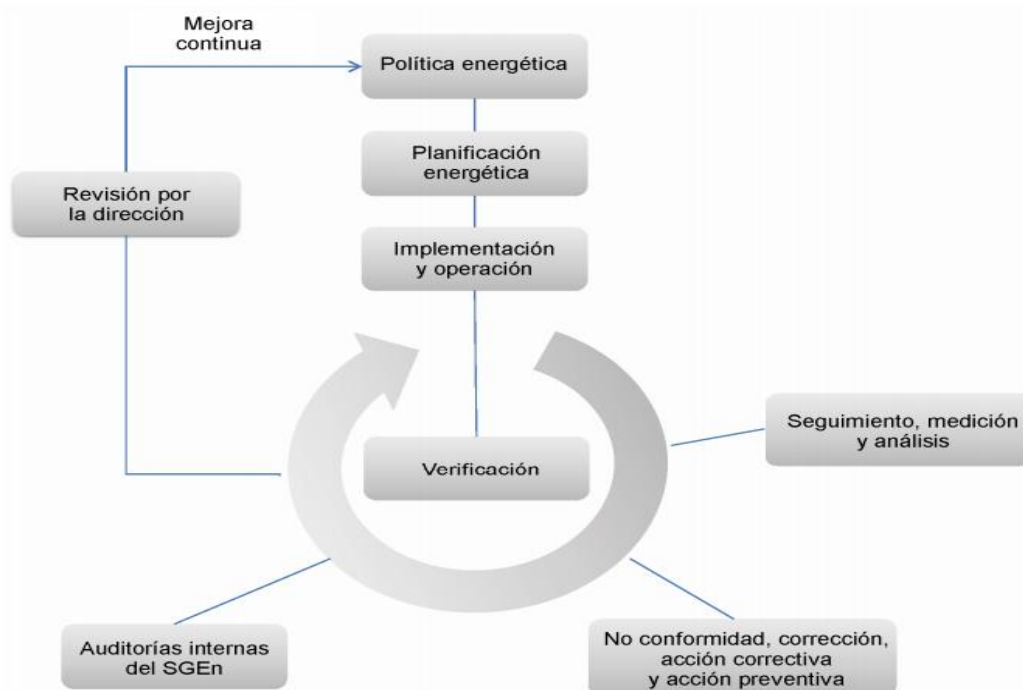
³ Ibíd. p. 1

⁴ Ibíd. p. 1

⁵ AENOR. Sistema De Gestión De La Energía. Requisitos Con Orientación Para Su Uso. (ISO 50001:2011). [Electronic (1)]. España. sec. Normas y Publicaciones. p.2 [Consultado el 15, Septiembre, 2017]. Disponible en: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0047918#.WoSx8oNuaUk>

⁶ Ibíd. p. 8

Figura 1: Modelo de sistema de gestión de la energía.



Fuente: ISOTOOLS, Argentina. La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía. En: Medio Ambiente y Energía. . [Electronic (1)]. Argentina. sec. Publicaciones. [Consultado el Octubre 192017]. Disponible en: <https://www.isotools.org/pdfs/monografico-ISO-50001.pdf>.

En la figura 1, se puede observar el modelo de sistema de gestión de la energía planteado por AENOR⁷ para esta Norma Internacional, la cual se basa en el ciclo de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización. “En la etapa de Planificar se debe llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea base, los indicadores de desempeño energético, los objetivos, las metas y los planes de acción requeridos para alcanzar los resultados que mejorarán el desempeño energético teniendo en cuenta la política energética de la organización”⁸. En la siguiente etapa se deben implementar los planes de acción de gestión de la energía.

En la fase de Verificar, “(...) se debe efectuar el seguimiento y la medición de las características y los procesos principales de las operaciones que determinan el desempeño energético basándose en las políticas y objetivos energéticos; aquí se deben informar sobre los resultados”⁹. Por ultimo en la etapa de Actuar, “(...) se tomarán acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGIE”¹⁰. En la figura 2 se observa como el concepto de desempeño energético se

⁷ Ibíd. p. 8

⁸ Ibíd. p. 8

⁹ Ibíd. p. 8

¹⁰ Ibíd. p. 8

basa en cinco pilares diferentes: Intensidad energética, uso de la energía, consumo de energía, eficiencia energética y otros.

Figura 2: Representación conceptual del desempeño energético.



Fuente: ISOTOOLS, Argentina. La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía. En: Medio Ambiente y Energía. . [Electronic (1)]. Argentina. sec. Publicaciones. [Consultado el Octubre 192017]. Disponible en: <https://www.isotools.org/pdfs/monografico-ISO-50001.pdf>.

AENOR¹¹ explica que durante la planificación se deben revisar los requisitos legales y otros requisitos relacionados con su uso y consumo de la energía así como su eficiencia energética; la organización deberá determinar cómo aplican estos requisitos y asegurar el cumplimiento de estos al establecer, implementar y mantener el SGIE. Por otro lado, se debe realizar una revisión energética; esta se realizara mediante análisis de uso y consumo de la energía basándose en mediciones y otros datos, “(...) se deben identificar las áreas de uso significativo de la energía e identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético”¹². Por último, AENOR¹³, establece que la organización debe establecer una(s) línea(s) de base energética haciendo uso de la revisión energética inicial y a su vez debe identificar los indicadores de desempeño energético para realizar el seguimiento y la mediación de su desempeño energético. En la figura 3, se puede observar el diagrama conceptual de esta etapa (planificación); el cual es un resumen de los procedimientos que se deben realizar en esta instancia.

En la etapa de implementación y operación, “la organización debe asegurarse que todas las personas realicen tareas para ella o en su nombre, relacionada con usos significativos de la energía, deben ser competentes basándose en una educación,

¹¹ *Ibíd.* p. 15

¹² *Ibíd.* p. 15

¹³ *Ibíd.* p. 16

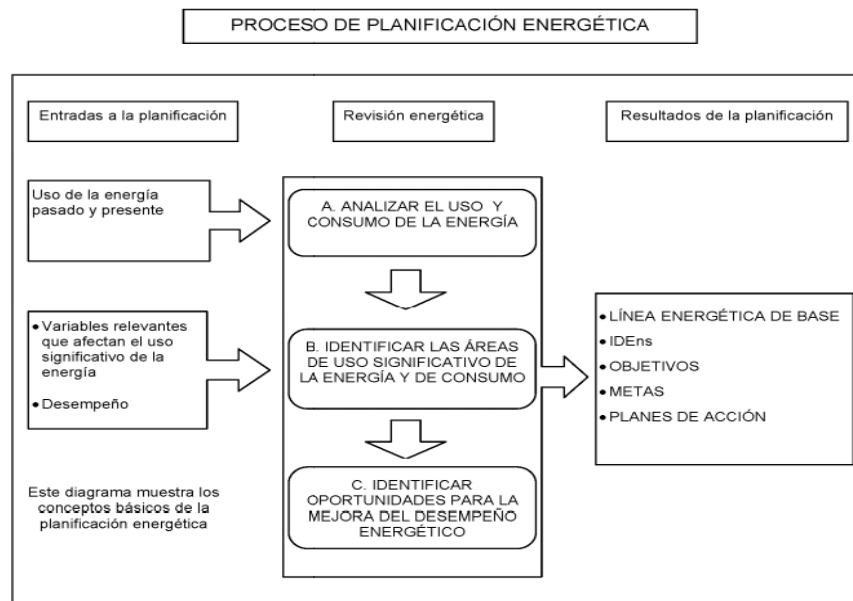
formación, habilidades o experiencia adecuadas”¹⁴. Según AENOR¹⁵, la organización también debe comunicar y documentar la información relacionada con su desempeño energético y su SGIE, manteniendo dicha información en cualquier medio de recolección de información; a estos documentos se le debe realizar un control operacional.

“Durante la verificación, se debe realizar un seguimiento, medición y análisis a las características clave de sus operaciones que determinan el desempeño energético a intervalos planificados. Algunos de los ítems a evaluar son”¹⁶:

- a) Usos significativos de la energía y otros elementos resultantes de la revisión energética
- b) Variables pertinentes e indicadores de desempeño
- c) Eficacia de los planes de acción
- d) Evaluación del consumo energético real contra el esperado

Se deben realizar procedimientos de auditorías internas del sistema de gestión de la energía, en donde se identificarán las no conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva.

Figura 3: Diagrama conceptual del proceso de planificación energética.



Fuente: ISOTOOLS, Argentina. La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía. En: Medio Ambiente y Energía. [Electronic (1)]. Argentina. sec. Publicaciones. [Consultado el Octubre 192017]. Disponible en: <https://www.isotoools.org/pdfs/monografico-ISO-50001.pdf>.

¹⁴ Ibíd. p. 17

¹⁵ Ibíd. p. 18

¹⁶ Ibíd. p. 19

2.2 MARCO NORMATIVO EN SGIE

Se realizó una recopilación de normas que establece algún tipo de relación entre el uso y aplicación del gas natural como una fuente de combustible fósil más limpio¹⁷, y la integración de un sistema de gestión de la energía a nivel empresarial o del país. A continuación, se presenta el cuadro 1 con la normativa vigente para el sector del gas natural en Colombia, teniendo en cuenta el SGIE. Esta información se obtuvo de la página web del Ministerio de Minas y Energía y la revisión de una base de datos de legislación ambiental (Vlex).

Cuadro 1: Normativa de Abastecimiento del Gas Natural.

Norma	Descripción	Entidad
Decreto 2345/2015	Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, con lineamientos orientados a aumentar la confiabilidad y seguridad de abastecimiento de gas natural	Ministerio de Minas y Energía
Decreto 2100/2011	Por el cual se establecen mecanismo para promover el aseguramiento del abastecimiento de gas natural y se dictan otras disposiciones	Ministerio de Minas y Energía
Resolución 40006/2017	Por la cual se adopta el Plan Transitorio de Abastecimiento de Gas Natural	Ministerio de Minas y Energía
Resolución 41119/2016	Por la cual se declara racionamiento programado de gas licuado de petróleo, GLP, y se dictan otras disposiciones	Ministerio de Minas y Energía
Resolución 4 1286/ 2016	Por la cual se adopta el plan de acción indicativo 2017-2022 para el desarrollo del programa de uso racional y eficiente de la energía (PROURE), que define objetivos y metas indicativas de eficiencia energética, acciones y medidas sectoriales y estrategias base para el cumplimiento de metas y se adoptan otras disposiciones al respecto	Ministerio de Minas y Energía
Resolución 585/2017	Por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de que trata el literal d) del artículo 1.3.1.14.7 del decreto 1625 de 2016; con sus respectivas modificaciones	Unidades Administrativas Especiales - Unidad de Planeación Minero Energética

Dentro de los resultados más destacados se encuentra el Decreto 2345 de 2015 expedido por el Ministerio de Minas y Energía, "(...) en donde se ratificaron las nuevas alternativas que buscan darle vía libre a aproximadamente 139 millones de

¹⁷ PORTAFOLIO. Gas natural, la apuesta de Colombia por un combustible limpio y eficiente. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Infraestructura. [Consultado el 12/112017]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/el-gas-la-apuesta-de-colombia-por-un-combustible-limpio-y-eficiente-504369>

pies cúbicos de gas natural, que se encuentran atrapados en los diferentes campos debido a la dificultad de transporte”¹⁸.

Según la CREG¹⁹, la Resolución 40006 de 2017 se publicó para responder a las necesidades de confiabilidad, seguridad y abastecimiento de la demanda nacional del gas natural. “Esta resolución adopta un Plan Transitorio de Abastecimiento, en donde se debe implementar una planta de regasificación en el pacífico, con una capacidad de 400 MPCD y almacenamiento de 170.000 m³; la cual entrará en operación en enero de 2021”²⁰.

Por otro lado, el Ministerio de Minas y Energía adoptó el Plan de Acción al 2022, según la Resolución 4 1286 de 2016, la cual surgió para “(...) satisfacer la necesidad de consumo de electricidad para usos térmicos en los sectores residencial, comercial e industrial”²¹; teniendo en cuenta que existen potenciales de eficiencia energética a través de medidas asociadas a las buenas practicas, mejoramiento de instalaciones y gestión energética²². “Esta resolución unifica o estandariza los criterios para las actividades de diseño de construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones térmicas”²³. Según el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA²⁴, esta

¹⁸ AHUMADA ROJAS, Omar G. Listo Esquema Para Destruir Gasoductos En Todas Las Regiones Del País. El Tiempo. Colombia. 18 de marzo de 2016.

¹⁹ COMISION DE REGULACION DE ENERGÍA Y GAS –CREG-. Resolución CREG 026 De 2017: Terminal De Regasificación En El Pacífico Como Proyecto Del Plan De Abastecimiento De Gas. [Electronic (1)]. Bogotá. D.C. CO. sec. Comunicaciones. [Consultado el 20, Noviembre, 2017]. Disponible en: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/prensa/presentaciones/category/1027-presentaciones-2017>

²⁰ COMISION DE REGULACION DE ENERGÍA Y GAS –CREG-. Resolución CREG 026 De 2017: Terminal De Regasificación En El Pacífico Como Proyecto Del Plan De Abastecimiento De Gas. [Electronic (1)]. Bogotá. D.C. CO. sec. Comunicaciones. [Consultado el 20, Noviembre, 2017]. Disponible en: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/prensa/presentaciones/category/1027-presentaciones-2017>

²¹ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Agenda regulatoria dirección de energía eléctrica 2018 [Electronic (1)]. Colombia. Agosto 11, 2017. [Consultado el 12/112017]. Disponible en: https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23937903/081117_agenda_regula_energia_2018.xlsx/81d64355-257b-4803-a936-3802ed4f8720

²² MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Agenda regulatoria dirección de energía eléctrica 2018 [Electronic (1)]. Colombia. Agosto 11, 2017. [Consultado el 12/112017]. Disponible en: https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23937903/081117_agenda_regula_energia_2018.xlsx/81d64355-257b-4803-a936-3802ed4f8720

²³ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Agenda regulatoria dirección de energía eléctrica 2018 [Electronic (1)]. Colombia. Agosto 11, 2017. [Consultado el 12/112017]. Disponible en: https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23937903/081117_agenda_regula_energia_2018.xlsx/81d64355-257b-4803-a936-3802ed4f8720

reglamentación es dirigida a diseñadores, productores, constructores de equipos y usuarios de las instalaciones térmicas. “El impacto ambiental asociado a la Resolución 4 1286 de 2016 es positivo debido al mejoramiento de las instalaciones y operaciones, las cuales están dirigidas a mejorar la eficiencia energética y a su vez reducir las emisiones de gases de efecto invernadero”²⁵.

En el cuadro 2, se muestra la normativa vigente del gas natural en Colombia relacionada al SGIE y a las normas ambientales. Estas normas ambientales se obtuvieron de la página web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Cuadro 2: Legislación Ambiental.

Norma	Descripción	Entidad
Resolución 2734/2010	Por la cual se adoptan los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio– MDL y se dictan otras disposiciones	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Resolución 2183/2016	Por el cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración de Diagnóstico Ambiental de Alternativas, en proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica y se toman otras determinaciones	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Resolución 1283/2016	Por la cual se establece el procedimientos y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables-FNCER y gestión eficiente de la energía para obtener los beneficios tributarios	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Resolución 1988/2017	Por la cual se adoptan las metas ambientales y se establecen otras disposiciones	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Las resoluciones expedidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenibles son producto de la reglamentación de la Ley 1715 de 2014. “Esta ley carece de la reglamentación necesaria para llevar a cabo proyectos de energías renovables no convencionales, como la solar y eólica ya que no alcanzan la viabilidad”²⁶.

²⁴ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Agenda regulatoria dirección de energía eléctrica 2018 [Electronic (1)]. Colombia. Agosto 11, 2017. [Consultado el 12/112017]. Disponible en: https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23937903/081117_agenda_regula_energia_2018.xlsx/81d64355-257b-4803-a936-3802ed4f8720

²⁵ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Agenda regulatoria dirección de energía eléctrica 2018 [Electronic (1)]. Colombia. Agosto 11, 2017. [Consultado el 12/112017]. Disponible en: https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23937903/081117_agenda_regula_energia_2018.xlsx/81d64355-257b-4803-a936-3802ed4f8720

²⁶ SEMANA SOSTENIBLE. ¿Por qué no avanzan los proyectos de eficiencia energética en Colombia?. [Electronic (0)]. Bogotá D.C. CO. sec. Actualidad. [Consultado el Diciembre 112017].

2.3 MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA COLOMBIANO

En Colombia, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) en cooperación con Colciencias, publicó una Guía para la implementación de sistemas de gestión integral de la energía. “Esta guía es una herramienta metodológica, la cual permite obtener el modelo específico para cualquier empresa o entidad independientemente de su nivel de desarrollo y del sistema de gestión organizacional”²⁷. “La siguiente guía propone tres etapas principales: Decisión estratégica, instalación y operación. Los modelos de gestión energética en Colombia se han desarrollado con alto grado de espontaneidad, tomando como referencia los siguientes aspectos”²⁸:

- Diagnósticos energéticos a la tecnología y planes de medidas o acciones para la reducción de los costos energéticos.
- Monitoreo de los indicadores energéticos basado en registros para verificación de consumos e identificación de equipos y procesos altos consumidores.
- Cambio de energéticos primarios.
- Cambios tecnológicos
- Gestión de contratación de energéticos primarios

El objetivo principal de esta guía es brindar al sector nacional un documento que cumpla con las expectativas, basándose en la experiencia nacional e internacional de los sistemas de gestión energética ya existentes. En el cuadro 3, se observan los diferentes pasos que se deben llevar a cabo para la implementación del SGIE; se pueden observar las actividades que se deben realizar en cada etapa, el tiempo de duración y el objetivo.

Disponible en: <http://sostenibilidad.semana.com/actualidad/articulo/eficiencia-energetica-en-colombia-por-que-no-avanzan-los-proyectos-en-el-pais/39122>

²⁷ CAMPOS AVELLA, Juan Carlos y PRIAS CAICEDO, Omar. Guía Para La Implementación De Sistemas De Gestión Integral De La Energía. En: COLCIENCIAS. [Electrónica (0)]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones. p. 8. [Consultado 10, Octubre, 2017]. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>

²⁸ Ibid. p. 5

Cuadro 3: Pasos para la implementación del SGIE

ETAPAS	ACTIVIDADES	TIEMPO	OBJETIVO
DECISIÓN ESTRATÉGICA	CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA	2 MESES	POTENCIAL RENTABILIDAD DEL SGIE. ASIGNACIÓN DE RECURSOS.
	COMPROMISO DE LA ALTA DIRECCIÓN		
	ALINEACIÓN DE ESTRATEGIAS		
	DEFINICIÓN Y CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA TÉCNICA Y ORGANIZACIONAL		
INSTALACIÓN DEL SGIE EN LA EMPRESA.	ESTABLECIMIENTO DE LOS INDICADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN	5 MESES	CREAR LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA, LAS BASES TÉCNICAS, PREPARAR E INVOLUCRAR AL PERSONAL, IDENTIFICAR LOS PROGRAMAS, DOCUMENTAR EL SGIE Y VERIFICAR LA CAPACIDAD DE LA EMPRESA PARA EJECUTAR EL SGIE
	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE CONTROL POR CENTROS DE COSTO		
	DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO		
	DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO		
	VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA COMPETITIVA		
	PLAN DE MEDIDAS DE USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA		
	ACTUALIZACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA GESTIÓN ORGANIZACIONAL DEL SGIE		
	PREPARACIÓN DEL PERSONAL		
	ELABORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DEL SGIE		
AUDITORIA INTERNA AL SGIE			
OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA EN LA EMPRESA	SEGUIMIENTO Y DIVULGACIÓN DE INDICADORES.	6 MESES	EJECUTAR LOS PROGRAMAS, CUANTIFICAR LOS RESULTADOS, AJUSTAR Y ACTUALIZAR MODELOS, PRESUPUESTOS DE AHORROS.
	SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, PRODUCCIÓN Y COORDINACIÓN.		
	IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE MEJORA.		
	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL PERSONAL.		
	CHEQUEOS DE GERENCIA.		
	AJUSTES DEL SISTEMA DE GESTIÓN.		
	EVALUACIÓN DE RESULTADOS.		

Fuente: CAMPOS AVELLA, Juan Carlos y PRIAS CAICEDO, Omar. Guía Para La Implementación De Sistemas De Gestión Integral De La Energía. En: COLCIENCIAS. [Electronic (0)]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones. p. 8. [Consultado 10, Octubre, 2017]. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>

Para medir los resultados de la implementación del SGIE se deben identificar dichos resultados y los registros requeridos en cada paso de las etapas. En el cuadro 4, se pueden evidenciar los diferentes registros y resultados esperados para las actividades de la etapa de Decisión Estratégica. En el cuadro 5, se muestra la misma información para la etapa de implementación y en el cuadro 6 para la etapa de operación.

Cuadro 4: Resultados esperados y registros para la etapa de Decisión Estratégica.

ACTIVIDAD	RESULTADOS ESPERADOS	REGISTROS
ETAPA 1. DECISIÓN ESTRATÉGICA		
CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potenciales globales de ahorro por gestión energética y por gestión de la producción. ▪ Tendencias de la eficiencia energética en la empresa. ▪ Estado actual del sistema gestión energética en la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informe técnico de caracterización energética de la empresa. ▪ Encuesta de estado actual del sistema de gestión energética.
COMPROMISO DE LA ALTA DIRECCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asignación de recursos. ▪ Asignación de responsabilidades. ▪ Aprobación de cronogramas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protocolo de compromiso de implementación del sistemas. (Si es auto implementado). ▪ Oferta comercial o contrato de trabajo (si es con ayuda externa).
ALINEACIÓN DE ESTRATEGIAS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compromiso de los mandos medios y supervisores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protocolo de alineación del sistema.
DEFINICIÓN Y CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA TÉCNICA Y ORGANIZACIONAL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificación de las necesidades de medición para implementar el sistema. ▪ Establecimiento de los centros de costo energéticos. ▪ Identificación de áreas claves. ▪ Identificación de equipos claves. ▪ Identificación del personal clave. ▪ Identificación de actividades de gestión organizacional claves. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esquema de medición actual y recomendado. ▪ Diagrama energético productivo de la empresa. ▪ Pareto de consumos térmicos y eléctricos por áreas y por equipos. ▪ Organigrama de la empresa actual y con la estructura del sistema de gestión integral de la energía propuesto. ▪ Modelo del control de procesos a nivel gerencial actual y con la inserción del sistema integral de gestión energética propuesto.

Fuente: CAMPOS AVELLA, Juan Carlos y PRIAS CAICEDO, Omar. Guía Para La Implementación De Sistemas De Gestión Integral De La Energía. En: COLCIENCIAS. [Electronic (0)]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones. p. 18. [Consultado 10, Octubre, 2017]. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>

Cuadro 5: Resultados esperados y registros para la etapa de Instalación.

Etapa 2. Instalación del Sistema de Gestión Integral de la Energía		
ESTABLECIMIENTO DE LOS INDICADORES DEL SISTEMA DE GESTIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Identificación para cada centro de costo de: modelo de variación del consumo, modelo de variación del índice de consumo, metas de reducción de consumos, rata de producción óptima, potencial de ahorros recuperables por gestión, índices de eficiencia, índices base 100, gráficos de monitoreo. Establecimiento a nivel de empresa del árbol de indicadores de eficiencia o base 100. 	<ul style="list-style-type: none"> Informe técnico de caracterización para cada centro de costo. Tabla resumen de modelos de consumos, índices de consumo, metas, potenciales de ahorro recuperables por gestión de cada área. Pareto de pérdidas absolutas y recuperables por gestión de la empresa por portador energético primario. Árbol de indicadores base 100 de eficiencia energética de la empresa por portador energético primario.
IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE CONTROL POR CENTROS DE COSTO	<ul style="list-style-type: none"> Identificación e variables de control por centros de costo. Reducción de variables de control por centros de costo. Identificación de acciones correctivas asociadas a las variables de control. Identificación de procedimientos para el control de eventos. Identificación de buenas prácticas operacionales. Identificación de Proyectos asociados a las variables de control. 	<ul style="list-style-type: none"> Protocolos de talleres de identificación de variables de control por centros de costo. Procedimientos para el control de eventos (paradas programadas, no programadas, arranques, cambios de régimen, cambios de productos o materias primas) Procedimientos para buenas prácticas operacionales. Plan de acciones correctivas y/o preventivas. Proyectos de uso racional de la energía (procedimientos o medidas que requieren evaluación). Tabla de registro y control de variables de control para el uso eficiente de la energía por centros de costo.
DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO	<ul style="list-style-type: none"> Implementación del Software o herramienta de monitoreo en cada centro de costo. Establecimiento del procedimiento de monitoreo (Indicadores a monitorear, variables a monitorear, valores estándares, tiempo de monitoreo, gráficos de resultados, reportes de resultados, sistema de información y divulgación de resultados, responsable del monitoreo y equipo de mejora). 	<ul style="list-style-type: none"> Software o herramienta de monitoreo por centros de costo y a nivel de empresa. Procedimiento de monitoreo por centros de costos y a nivel de empresa.
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	<ul style="list-style-type: none"> Preparación del diagnóstico (definición de áreas, procesos y equipos a diagnosticar. Definición de balances de masa y energía y pruebas a equipos y sistemas a realizar, definición y preparación del personal de diagnóstico, determinación de la documentación requerida para el diagnóstico, determinación de las necesidades de equipos de medición y/o subcontratación, establecimiento de regímenes de procesos y equipos para el diagnóstico, cronograma del diagnóstico.). Identificación de oportunidades de reducción y control de consumos y de la eficiencia energética. Validación de las oportunidades identificadas con los especialistas de la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> Protocolo de preparación del diagnóstico. <ul style="list-style-type: none"> Plan del diagnóstico. Informe de resultados del diagnóstico (Debe incluir resultados del diagnóstico a: estándares operacionales, instrumentación, control y automatización, gestión de la producción, gestión del mantenimiento, estado técnico de equipos, nivel de la tecnología, recuperación de efluentes energéticos y productivos, calificación del personal) Protocolo de validación de resultados del diagnóstico.
VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA COMPETITIVA	<ul style="list-style-type: none"> Tener los criterios suficientes para la selección y ubicación de los proveedores con mayor conocimiento y manejo de la tecnología y de su aplicación en los procesos productivos. Aseguramiento energético de la evolución tecnológica de la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis continuo del entorno que contribuyen en la definición de escenarios de futuro y actualización permanente del estado del arte de las tecnologías. Plan de aseguramiento energético.

Fuente: CAMPOS AVELLA, Juan Carlos y PRIAS CAICEDO, Omar. Guía Para La Implementación De Sistemas De Gestión Integral De La Energía. En: COLCIENCIAS. [Electronic (0)]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones. p. 18. [Consultado 10, Octubre, 2017]. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>

Cuadro 6: Resultados esperados y registros para la etapa de Operación

Etapa 3. Operación del Sistema de Gestión Integral de la Energía		
SEGUIMIENTO Y DIVULGACIÓN DE INDICADORES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cumplimiento de los indicadores establecidos para alcanzar los potenciales en reducción de costos identificados. ▪ Control de las variables que impactan los consumos y la eficiencia energética de los equipos y procesos. ▪ Alineación de los procesos gerenciales hacia el uso eficiente de la energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gráficos de control de indicadores en los software de monitoreo de cada centro de costo y a nivel de empresa. ▪ Protocolos de seguimiento en la entidad asesora a nivel de empresa. ▪ Informes de desempeño a gerencia.
SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, PRODUCCIÓN Y COORDINACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio y consolidación de hábitos operacionales, de mantenimiento, de producción y de coordinación hacia las mejores prácticas al nivel táctico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gráficos de tendencia y base 100 en los software de monitoreo de cada centro de costo. ▪ Registros de actividades de seguimiento de los equipos de mejora.
IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE MEJORA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar vigilancia tecnológica hacia la actualización rentable de los equipos y procesos para el uso eficiente de los recursos. ▪ Implementar mejoras tecnológicas rentables en los equipos y procesos. ▪ Mantener seguridad y calidad en el suministro de energía para los procesos productivos de la empresa. ▪ Ajuste técnico de equipos y de regímenes de trabajo para elevar la eficiencia energética. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protocolos de evaluación de Programas del SGIE. ▪ Registros de análisis y decisiones tomadas por la Gerencia sobre modificaciones, expansiones o compra de equipos, sistemas o procesos que impactan significativamente el uso de la energía.
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL PERSONAL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantener el personal clave actualizado y calificado para la operación del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros de actividades de entrenamiento al personal vinculado con la energía.
CHEQUEOS DE GERENCIA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantener en funcionamiento el SGIE. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros de resultados de las revisiones de la Gerencia al SGIE. ▪ Registros de resultados de las auditorías al SGIE.
AJUSTES DEL SISTEMA DE GESTIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejorar continuamente el SGIE. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros de cambios de procedimientos establecidos Registros de justificación de Acciones Correctivas y Preventivas.
EVALUACIÓN DE RESULTADOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento cuantificado de la eficiencia energética de la empresa. ▪ Incremento cuantificado de la productividad o competitividad de la empresa. ▪ Reducción cuantificada del impacto ambiental de la empresa por el uso de la energía. ▪ Elevación del nivel de cultura energética y ambiental al nivel táctico en la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicadores contables de la empresa. ▪ Indicadores financieros de la empresa ▪ Indicadores productivos de la empresa. ▪ Indicadores medioambientales de la empresa.

Fuente: CAMPOS AVELLA, Juan Carlos y PRIAS CAICEDO, Omar. Guía Para La Implementación De Sistemas De Gestión Integral De La Energía. En: COLCIENCIAS. [Electronic (0)]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones. p. 21. [Consultado 10, Octubre, 2017]. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>

3. USO DEL GAS NATURAL EN EL SGIE

3.1 DESCRIPCIÓN DEL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

Los autores Faramawy y Zaki²⁹ en su artículo: Origen, composición y procesamiento del gas natural, definen el gas natural como un gas rico en hidrocarburos; es un combustible fósil gaseoso que se encuentra en yacimientos de petróleo, gas y carbón. En su estado puro, este combustible es incoloro, inodoro y sin forma. Cuando es utilizado para la combustión da grandes cantidades de energía, pero a su vez, es considerado uno de los más limpios al ser comparado con otros de su misma clase. De igual forma, el proceso por el cual se origina el gas. Este proceso implica la lenta descomposición de la materia orgánica, el cual ocurre en las cuencas sedimentarias bajo los efectos de temperatura y presión. Faramawy y Zaki³⁰ que explican que cuando se ha generado, el gas viaja a través de los poros de las rocas hasta que llegan a la roca reservorio formando los denominados yacimientos.

Tabla 1: Propiedades físicas y químicas del gas natural.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Fórmula molecular	CH ₄
Peso molecular mezcla	18,2
Temperatura de ebullición a 1 atmósfera	-160,0 °C
Temperatura de fusión	-180,0 °C
Densidad de los vapores (Aire =1) a 15,5	0,61
Densidad del líquido (Agua=1) a 0°/4 °C	0,554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en agua a 20 °C	Ligeramente soluble (de 0,1 a 1,0%)
Apariencia y color	Incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos

Fuente: NEDGIA. Características del gas natural. [Electronic (1)]. España. sec. Características del Gas Natural. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.nedgia.es/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

“El gas natural es uno de los combustibles más limpios conocidos por la humanidad; esto se debe a su alta concentración de metano, etano y propano (hidrocarburos livianos) aproximadamente del 90%”³¹. Según el autor BAE³², el metano es un

²⁹ FARAMAWY, S.; ZAKI, T. y SAKR, A. A. -E. Natural gas origin, composition, and processing: A review. En: Journal of Natural Gas Science and Engineering. vol. 34, p. 34-54

³⁰ *Ibíd.* p. 35

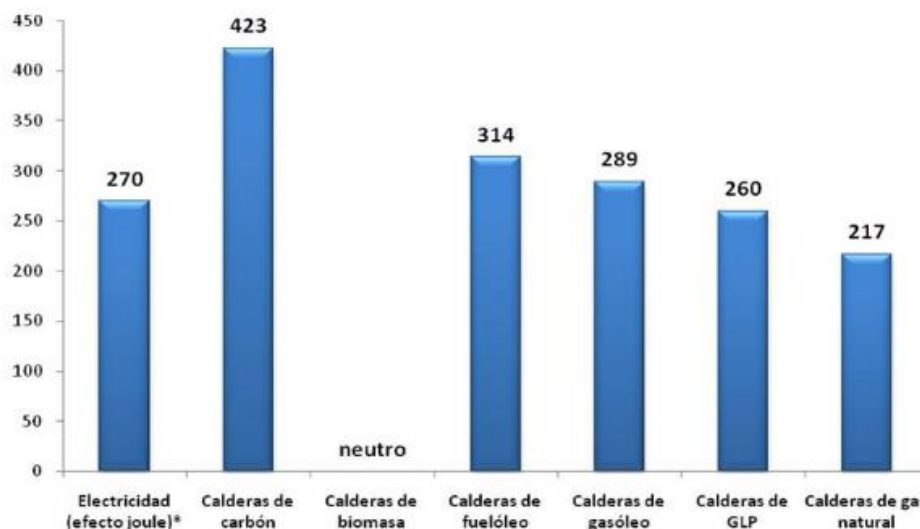
³¹ BAE, Choongsik y KIM, Jaeheun. Alternative fuels for internal combustion engines. En: Proceedings of the Combustion Institute. p. 10

³² NEDGIA. Características del gas natural. [Electronic (1)]. España. sec. Características del Gas Natural. [Consultado el 01/152018]. Disponible en:

átomo compuesto por un carbono unido a cuatro hidrógenos; la estructura molecular simple del gas natural facilita que queme limpiamente y por esta razón, dicha combustión no genera partículas sólidas ni azufre. En la tabla 1, se pueden observar las diferentes propiedades físicas y químicas del metano. “Estos hidrocarburos ligeros se comercializan como glp, pero también como gas licuado de petróleo, combustible para calefacción de hogares, además representan importantes materias primas petroquímicas para plásticos.”³³

“El gas natural puede ser consumido tal y como se encuentra en la naturaleza; desde el momento de extracción de los yacimientos hasta que llega a los puntos de consumo, el gas natural no pasa por ningún proceso de transformación”³⁴. A continuación, en la gráfica 1 se evidencia una comparación de las emisiones de dióxido de carbono asociadas al consumo de electricidad para los diferentes combustibles utilizados en calderas; en el eje x se muestran los diferentes tipos de calderas y el eje y está expresado en gramos de CO₂ por Kwh útil generado.

Gráfica 1: Emisiones de CO₂



Fuente: NEDGIA. Características del gas natural. [Electronic (1)]. España. sec. Características del Gas Natural. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.nedgia.es/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

<https://www.nedgia.es/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

³³ OTTERBACH, Dieter H. Energía y Calentamiento Global: ¿Cómo Asegurar La Supervivencia De La Humanidad? México, D.F., MX: Larousse - Grupo Editorial Patria, 2014. 9786074387865

³⁴ NEDGIA. Características del gas natural. [Electronic (1)]. España. sec. Características del Gas Natural. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.nedgia.es/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

Sí se compara la caldera de gas natural y la de gas licuado de petróleo (GLP) con los demás tipos de calderas (menos la caldera de biomasa) se observa una reducción evidente de las emisiones de CO₂, teniendo valores de 260 y 217 respectivamente. “El gas natural produce la mitad de dióxido de carbono y solo una décima parte de los contaminantes del aire, como el material particulado y otros gases de efecto invernadero, que el carbón cuando son quemados para generar electricidad”³⁵.

Existe un potencial muy fuerte de reducir a corto plazo las emisiones de CO₂ y contaminación del aire, pasando de la combustión del carbón a la del gas natural. “Dado que el proceso de combustión de gas natural se cumple casi en su totalidad, el nivel de subproductos diseminados al medio ambiente es casi nulo”³⁶. Adicionalmente, diferentes avances en la tecnología han reducido en grandes cantidades las emisiones de óxidos de nitrógeno, un contaminante común emitido por el gas natural; “(...) sí en un proceso de combustión se evidencia una llama azul es una indicación de que el gas se está quemando por completo”³⁷. En la gráfica 2, se muestran los factores de emisión de varios contaminantes para los mismos tipos de calderas de la gráfica 1. Existe una reducción notable en los contaminantes volátiles, material particulado y los óxidos de azufre.

Para la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)³⁸, los términos de referencia se definen como los lineamientos generales que la autoridad ambiental señala y publica para la elaboración y ejecución de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Diagnostico Ambiental de Alternativas (DAA), esto se realiza con el fin de presentarlos a la autoridad competente para el otorgamiento de una licencia. En la figura 8, se muestran los componentes que se deben tener en cuenta para la elaboración del EIA para los diferentes proyectos relacionados con la producción de hidrocarburos.

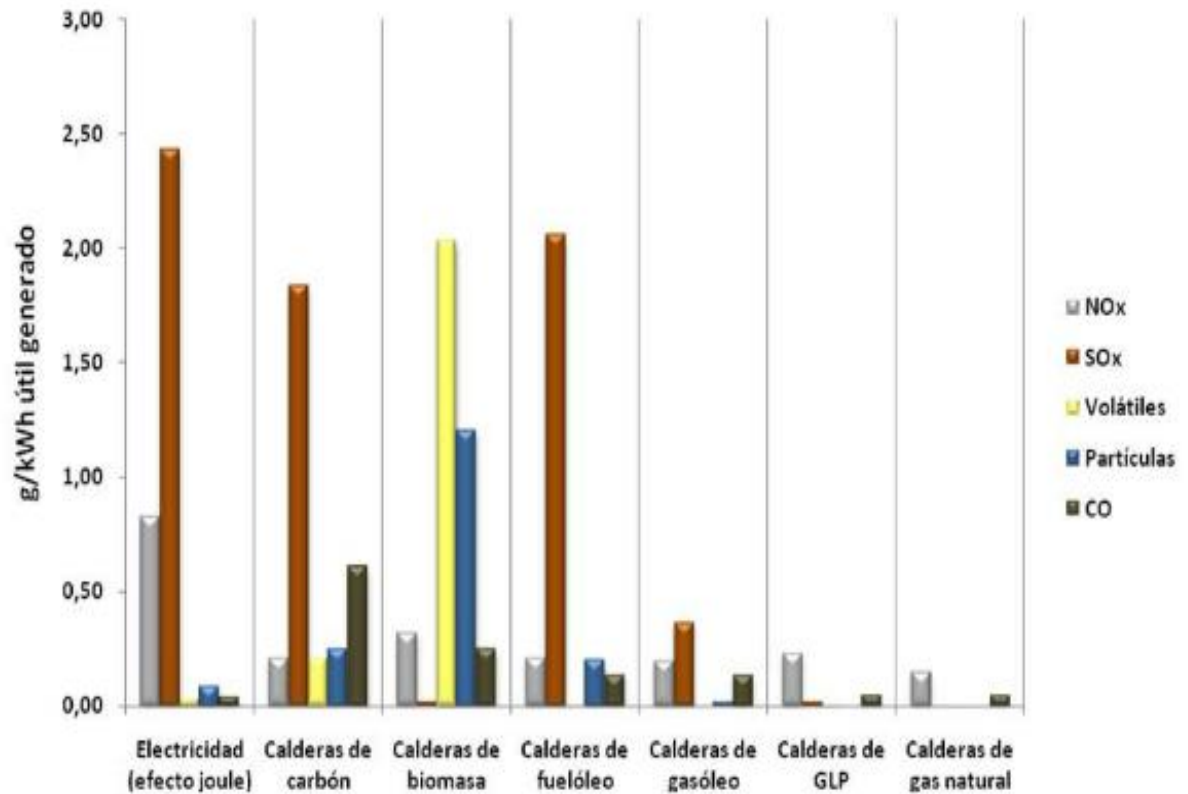
³⁵ SHELL GLOBAL. Natural Gas and Its Advantages. [Electronic (1)]. Estados Unidos. sec. Natural Gas. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/natural-gas-and-its-advantages.html>

³⁶ KRUEJA, Rinkesh. Advantages y Disadvantages of Natural Gas. [Electronic (1)]. Estados Unidos. sec. Energy Articles [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-natural-gas.php>

³⁷ KRUEJA, Rinkesh. Advantages y Disadvantages of Natural Gas. [Electronic (1)]. Estados Unidos. sec. Energy Articles [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-natural-gas.php>

³⁸ AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES –ANLA-. Términos de Referencia. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Términos de referencia [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.anla.gov.co/terminos-referencia>

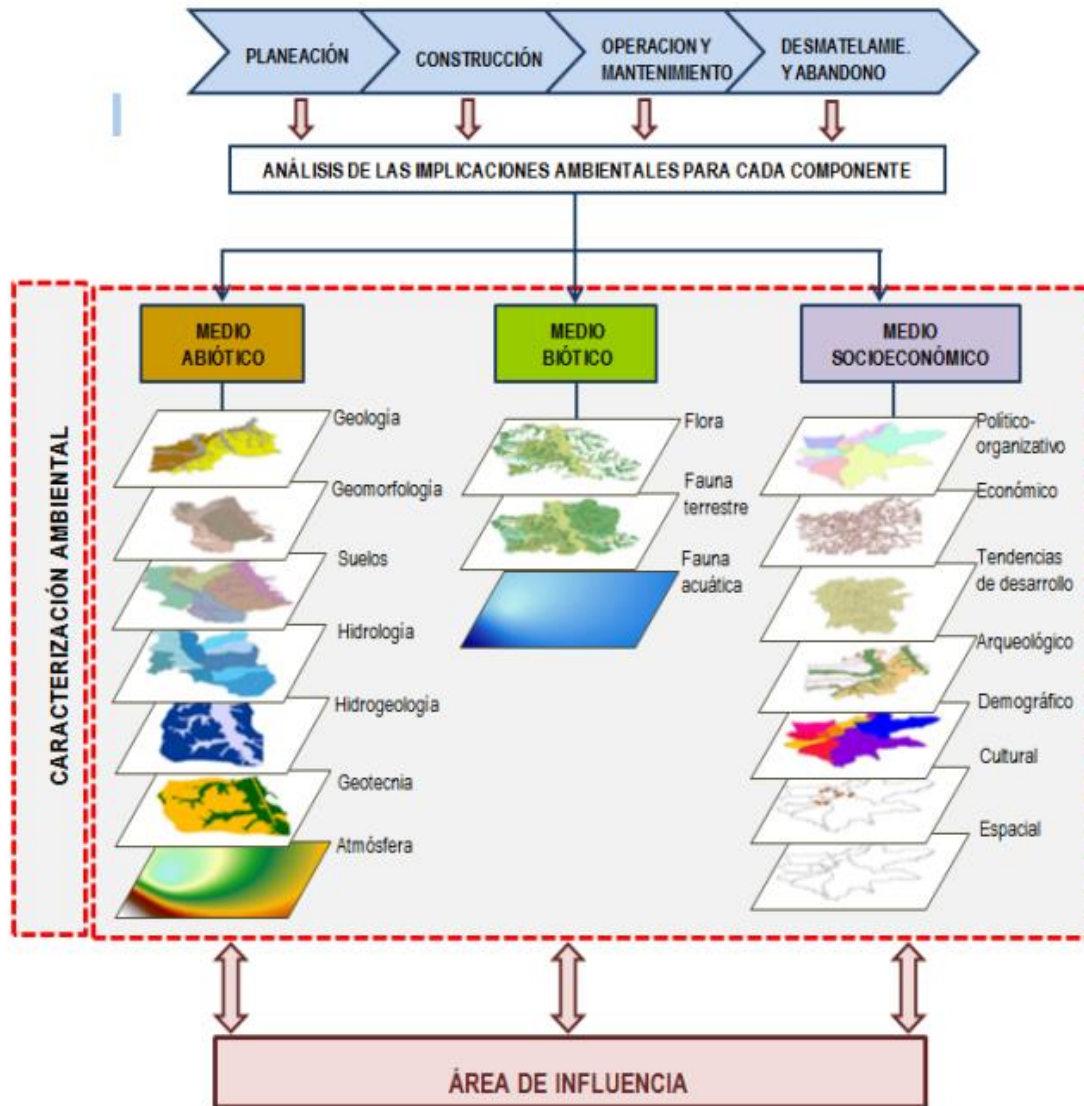
Gráfica 2: Factores de Emisión



Fuente: NEDGIA. Características del gas natural. [Electronic (1)]. España. sec. Características del Gas Natural. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.nedgia.es/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

Este análisis se debe realizar para los tres componentes principales: Medio abiótico, medio biótico y medio socioeconómico. Dentro del medio abiótico se encuentra el estudio de la geología, geomorfología, suelos, hidrología, hidrogeología, geotecnia y atmosfera. El medio biótico se divide en flora, fauna terrestre y acuática. Por último, el medio socioeconómico se divide en político-organizativo, económico, tendencias de desarrollo, arqueológico, demográfico, cultural y espacial.

Figura 4: Área de influencia



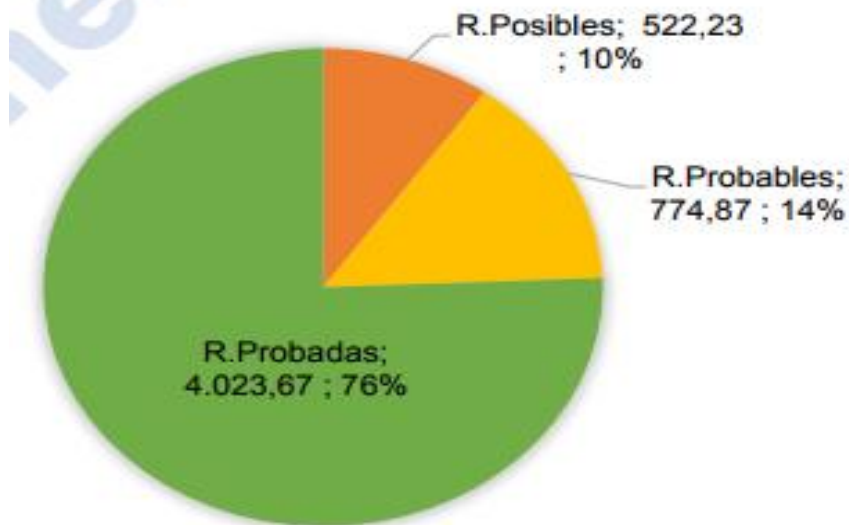
Fuente: AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES –ANLA-. Términos de Referencia. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Términos de referencia [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.anla.gov.co/terminos-referencia>

Según FARAMAWY³⁹, el “BP Statistical Review of World Energy” ha establecido que la producción de gas natural se ha incrementado en un 1.6%, lo cual muestra un valor más alto que la tasa de crecimiento de consumo. Esto indica que la demanda cada vez va siendo más alta y que la población entiende los grandes beneficios que conlleva su uso. Globalmente, el gas natural considera un 23.7% del consumo de energía primaria. En Colombia, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) realiza un balance de gas natural para cada año y lo plantea a un plazo de 10 años. El informe más reciente fue creado en el 2017; en este informa

³⁹ FARAMAWY. Óp. Cit., p. 35

la UPME⁴⁰ define la oferta de gas natural a partir de las reservas disponibles y la declaración de producción de ese año. “Para finales del año 2016, las reservas totales de gas natural en Colombia fueron de 5.320,78 GPC (giga pies cúbicos); las reservas probadas corresponden a 4.023,67 GPC, 774,87 GPC a reservas probables y 522,23 GPC a reservas posibles”⁴¹. En la gráfica 3 se puede observar que del volumen total de reservas de gas natural el 76% pertenece a reservas probadas, 14% a reservas probables y 10 % a reservas posibles.

Gráfica 3: Reservas probadas, posibles y probables



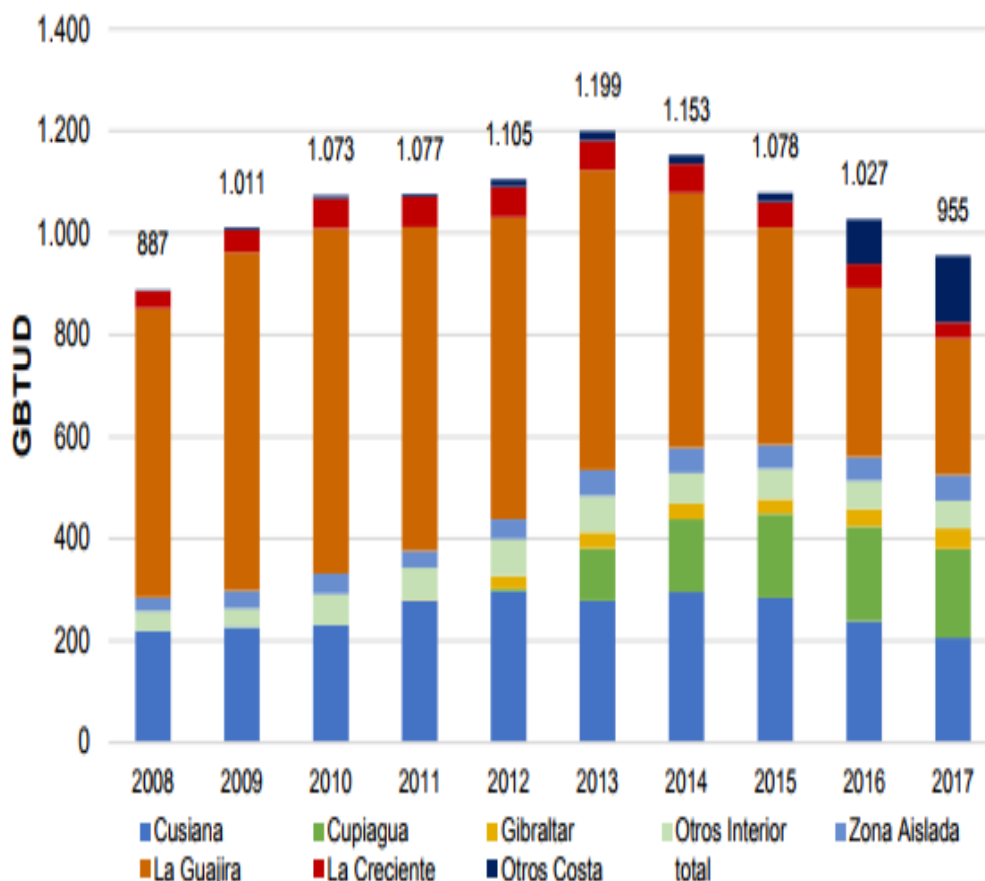
Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA –UPME-. Balance De Gas Natural 2017. [Electronic (1)]: Colombia. sec. Informes. 2017. p. 48 [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE%20GAS%20NATURAL%202017-2026%20VERSION%20FINAL.pdf>

Los campos que brindan la mayor producción de gas natural son Cusiana, Cupiagua y Guajira. En la gráfica 4 se muestra la producción nacional de gas natural discriminada por campo desde el año 2008 hasta el 2017. Aquí se puede observar como desde el 2013 la producción ha ido disminuyendo; pasó aproximadamente de 1.200 GBTUD a 955 GBTUD debido a la caída de los precios del petróleo. En esta grafica también se evidencia como La Guajira y Cusiana han mantenido el mayor porcentaje de producción nacional de gas natural.

⁴⁰ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA –UPME-. Balance De Gas Natural 2017. [Electronic (1)]: Colombia. sec. Informes. 2017. p. 7 [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE%20GAS%20NATURAL%202017-2026%20VERSION%20FINAL.pdf>

⁴¹ *Ibíd.* p. 7

Gráfica 4: Producción Nacional



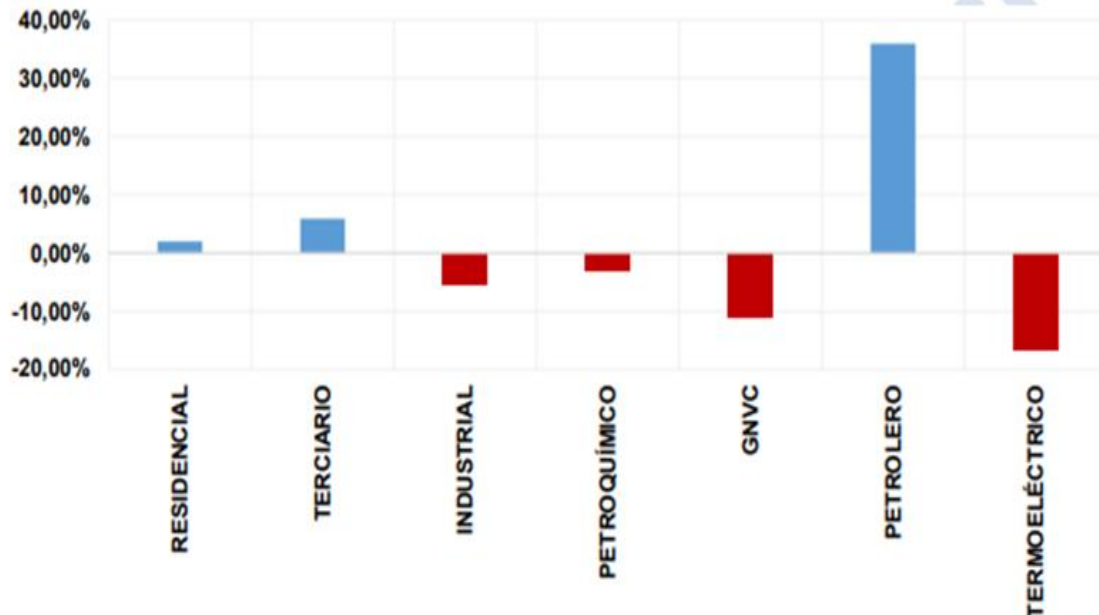
Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA –UPME-. Balance De Gas Natural 2017. [Electronic (1)]: Colombia. sec. Informes. 2017. p. 45 [Consultado el 01/15/2018]. Disponible en: <http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE%20GAS%20NATURAL%202017-2026%20VERSION%20FINAL.pdf>

En cuanto a la demanda de gas natural en Colombia, hubo un decrecimiento del consumo a nivel nacional en los sectores industrial, petroquímico, termoeléctrico y transporte. Según el balance realizado por la UPME⁴², en el sector termoeléctrico la caída se dio como consecuencia de la finalización del fenómeno de El Niño y del sector de transporte por la disminución en la competitividad del combustible frente a otros en vehículos particulares. Por otro lado, los sectores residencial, terciario y petrolero presentaron crecimientos en su consumo como se evidencia en la gráfica 5. El aumento en el sector petrolero se ve marcado por la entrada en funcionamiento de Reficar a finales del 2015; mientras que “el aumento de los otros dos sectores se debe al crecimiento de la cobertura del servicio en la región del Eje Cafetero y Santander”⁴³.

⁴² Ibíd. p. 33

⁴³ Ibíd. p. 33

Gráfica 5: Crecimiento de la demanda por sectores de consumo



Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA –UPME-. Balance De Gas Natural 2017. [Electronic (1)]: Colombia. sec. Informes. 2017. p. 25 [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE%20GAS%20NATURAL%202017-2026%20VERSION%20FINAL.pdf>

Según las proyecciones de demanda de gas natural por sectores de consumo llevadas a cabo por la UPME⁴⁴, hay posibilidad de que esta aumente tanto para el escenario medio, alto y bajo. En el sector residencial el aumento es proporcional al aumento de número de usuarios reportado por el Ministerio de Minas y Energía conectadas a la red. “Para el sector terciario se presenta un crecimiento impulsado por el aumento en el número de usuarios comerciales que se conectaron al sistema y por el incremento en la ocupación hotelera”⁴⁵. “El sector industrial mostró una caída en la demanda en el año 2016 como consecuencia de la disfunción en las industrias de producción de alimentos y las relacionadas con productos metalúrgicos y minerales; pero la proyección de demanda de este sector muestra un aumento en relación al PIB sectorial”⁴⁶. Así mismo se puede evidenciar un aumento en la proyección de la demanda para los próximos quince (15) años teniendo en cuenta los diferentes sectores económicos. Por último, la UPME contrastó los escenarios de demanda estimados y de oferta resultante de la declaración de producción de 2017 a fin de establecer el equilibrio entre estos factores. Los resultados se muestran en el cuadro 7.

⁴⁴ Ibíd. p. 35

⁴⁵ Ibíd. p. 37

⁴⁶ Ibíd. p. 39

Cuadro 7: Equilibrio oferta-demanda para los escenarios bajo medio y alto

D	BAJO	MEDIO	ALTO
BAJO	Febrero 2024	Febrero 2023	Enero 2023
MEDIO	Enero 2025	Febrero 2024	Febrero 2023
ALTO	Julio 2025	Febrero 2025	Febrero 2025

En la tabla 2 se muestra una comparación de los diferentes indicadores de producción y exportación de los hidrocarburos, gas natural y biocombustibles para Colombia desde el año 2010 a 2016. Del mismo modo se muestra una comparación del precio promedio de estos combustibles. Al analizar esta tabla, se puede observar un decrecimiento de un 25% de las reservas de gas natural del año 2010 al 2016. Por otro lado, también se observa una baja en la producción anual del 12% para el mismo intervalo de tiempo. “Para determinar el abastecimiento de gas natural para los próximos años, se debe realizar una relación entre las reservas totales y la producción anual; el escenario global muestra una disminución proporcional a través de los años”⁴⁷. Esta información corrobora lo planteado anteriormente en la sección de oferta y demanda del gas natural. En cuanto al precio promedio de los combustibles se evidencia como el precio del GNV (gas natural vehicular) se mantiene en un rango de 1.300-1.700 \$/m³ mientras que los otros combustibles muestran una variación más alta y precios mucho más elevados.

⁴⁷ SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PETRÓLEO Y GAS COLOMBIANO. Principales Indicadores de Hidrocarburos, Gas Natural y Biocombustibles [Electronic (1)]. Colombia. sec. Sector Hidrocarburos. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.sipg.gov.co/sipg/Home/SectorHidrocarburos/PrincipalesCifras/tabid/65/language/es-ES/Default.aspx>

Tabla 2: Principales indicadores de hidrocarburos, gas natural y biocombustible.

Indicador	Unidad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Hidrocarburos								
Reservas de Crudo	MBL	2.058	2.259	2.377	2.445	2.308	2.002	1.665
Producción Anual	MBL	286,8	334,1	345,5	365,8	361,5	367,0	323.28
Relación Reservas/Producción (R/P)	Años	7,18	6,76	6,88	6,68	6,38	5,46	5,10
Cargas a Refinerías	BDC	299.371	305.914	303.484	287.725	246.647	244.011	338.226
Total Sísmica ejecutada equivalente	Km	25.965	23.963	18.205	28.529	40.473	32.682	
Valor Exportaciones crudo y derivados	Millones de US\$	16.502	28.421	31.559	32.483	28.926	14.239	
Pozos Exploratorios A-3	Número	112	126	131	115	113	25	
Contratos de Exploración	Número	8	76	54	2	0	14	
Gas Natural								
Reservas Gas Natural	GPC	7.058	6.630	7.008	6.409	5.915	5.443	5.321
Gas natural Comercializado	GPC	5.405	5.463	5.727	5.508	4.758	4.361	
Producción Anual	GPC	397,7	386,9	422,8	458,0	453,0	419,0	349.5
Relación Reservas/Producción (R/P)	Años	17,7	17,1	16,6	14,0	13,1	12,6	14,8
Exportaciones de Gas	MPCD	155,2	204,7	187,0	202,6	97,2	38,9	0,0
Biocombustibles								
Producción Alcohol	kBL	1.830	2.121	2.322	2.440	2.557	2.550	2.695
Ventas de Alcohol	kBL	1.800	2.163	2.271	2.477	2.632	2.594	2.687
Producción de Biodiesel (B100)	kBL	2.502	3.269	3.526	3.762	3.808	3.464	3.291
Ventas de Biodiesel (B100)	kBL	2.453	3.283	3.495	3.736	3.813	3.370	3.314
Precio Promedio de Combustibles								
Gasolina Regular	\$/Galón	7.610	8.440	8.833	8.568	8.032	7.668	7.400
ACPM	\$/Galón	6.436	7.383	8.095	8.254	7.977	7.570	7.206
Gas Natural Vehicular	\$/m3	1.362	1.318	1.330	1.279	1.494	1.600	1.663

Fuente: SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PETRÓLEO Y GAS COLOMBIANO. Principales Indicadores de Hidrocarburos, Gas Natural y Biocombustibles [Electrónico (1)]. Colombia. sec. Sector Hidrocarburos. [Consultado el 01/15/2018]. Disponible en: <http://www.sipg.gov.co/sipg/Home/SectorHidrocarburos/PrincipalesCifras/tabid/65/la nguage/es-ES/Default.aspx>

“En Colombia algunas de las empresas encargadas de producir y transportar el gas natural son Occidental de Colombia, Ecopetrol, Equion Energía, Hocol, entre

otras⁴⁸. Según la CREG⁴⁹, algunas de las empresas encargadas de comercializar y distribuir el gas a los diferentes puntos de consumo son Surenergy ESP, Vigas S.A ESP con sede en Bogotá y Espigas S.A ESP y Proviservicios en Santander; existe variedad de distribuidoras para cada región del país.

Para el 2011, se propuso una tasa retributiva por emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes fijas ubicadas en Bogotá. Según el estudio realizado por TORRES⁵⁰, se formularon criterios técnicos que permitieron señalar el valor diferencial de la tarifa para cada uno de los contaminantes objeto de cobro y se definieron las siguientes tarifas para el cobro de la tasa retributiva: 2810 \$/kg para el PM₁₀, 2816\$/kg para los SO_x y 2866 \$/kg para los NO_x. El cobro de esta se realiza multiplicando la carga contaminante en kg/día por la tasa retributiva por emisión del contaminante. Las tasas retributivas mencionadas anteriormente son simplemente una propuesta ya que aún no existe una norma que imponga compensación por emisiones atmosféricas. Si estas tasas se llegaran a aplicar al sistema colombiano y sí se analizan estos costos junto con la gráfica 2 de factores de emisión del gas natural, se puede evidenciar como un consumidor de gas natural se vería beneficiado con este uso de combustible.

En el sector automotriz, se utiliza el gas natural vehicular como una alternativa para la gasolina. El combustible puede ser gas natural comprimido (GNC) o gas natural licuado (GNL) y los automóviles o medios de transporte que decidan utilizar esta alternativa deben tener los equipos necesarios para su adaptación. “Existen dos tipos de tecnología óptima para la instalación de GNV de un vehículo: Convencional y Quinta Generación”⁵¹. El convencional se divide en dos tipos; la figura 5 se muestra la tecnología de lazo abierto, la cual aplica para vehículos con motores alimentados por carburador o con control electrónico de combustible sin sensor de oxígeno. Partiendo de lo propuesto por la empresa GAS NATURAL FENOSA⁵², la

⁴⁸ DINERO. Las diez petroleras con mayor producción en Colombia. [Electronic (1)]. Bogotá. D.C. CO. sec. Tendencias. 11/29/2011. [Consultado el 20, Noviembre, 2017]. Disponible en: <http://www.dinero.com/negocios/articulo/las-diez-petroleras-mayor-produccion-colombia/140828>

⁴⁹ COMISION DE REGULACION DE ENERGÍA Y GAS –CREG-. Lista de Empresas de Gas Natural - Distribuidora. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: http://cregas.creg.gov.co/pls/directdcd/directorio_fmt.listar_sector_gas?sectact=GD

⁵⁰ HERRERA TORRES, Gabriel; ALVIS COLMENARES, María F. y AYALA MORA, Diana C. Propuesta de Tasa Retributiva por Emisiones de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Fuentes Fijas Ubicadas en Bogotá D.C. Agosto 2011. vol. 5,

⁵¹ GAS NATURAL FENOSA. Tecnologías. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Gas natural vehicular. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/gas+natural+vehicular+%E2%80%93+gnv/instala+gas+natural+vehicular+/1297102602435/tecnologias.html>

dosificación del gas se realiza mediante una válvula de potencia graduada. La figura 6 muestra una tecnología convencional de lazo cerrado, “usada en motores alimentados por control electrónico de combustible que tienen sensor de oxígeno en donde la dosificación se efectúa mediante un motor paso a paso que se controla electrónicamente por un PLC”⁵³. La tecnología de quinta generación es utilizada en vehículos con “(...) motores alimentados por inyección electrónica, donde se instala un equipo que entrega gas natural a cada cilindro por medio de un inyector independiente, aparentando el proceso que se hace al usar gasolina”⁵⁴. La figura 7 muestra un ejemplo de esta tecnología.

Figura 5: Lazo Abierto



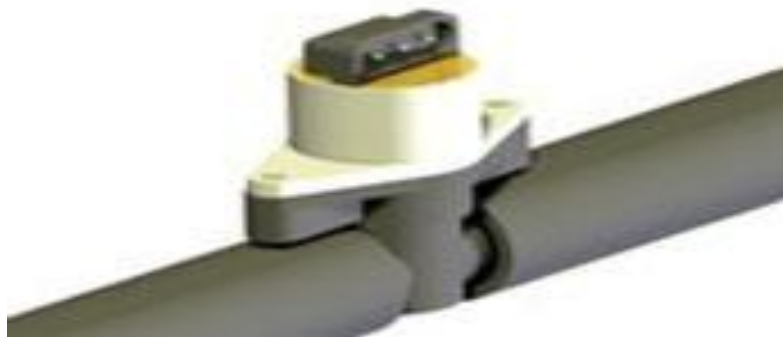
Fuente: GAS NATURAL FENOSA. Tecnologías. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Gas natural vehicular. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/gas+natural+vehicular+%E2%80%93+gnv/instala+gas+natural+vehicular+/1297102602435/tecnologias.html>

⁵² GAS NATURAL FENOSA. Tecnologías. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Gas natural vehicular. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/gas+natural+vehicular+%E2%80%93+gnv/instala+gas+natural+vehicular+/1297102602435/tecnologias.html>

⁵³ GAS NATURAL FENOSA. Tecnologías. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Gas natural vehicular. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/gas+natural+vehicular+%E2%80%93+gnv/instala+gas+natural+vehicular+/1297102602435/tecnologias.html>

⁵⁴ GAS NATURAL FENOSA. Tecnologías. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Gas natural vehicular. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/gas+natural+vehicular+%E2%80%93+gnv/instala+gas+natural+vehicular+/1297102602435/tecnologias.html>

Figura 6: Lazo Cerrado.



Fuente: GAS NATURAL FENOSA. Tecnologías. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Gas natural vehicular. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/gas+natural+vehicular+%E2%80%93+gnv/instala+gas+natural+vehicular+/1297102602435/tecnologias.html>

Figura 7: Quinta Generación



Fuente: GAS NATURAL FENOSA. Tecnologías. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Gas natural vehicular. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/gas+natural+vehicular+%E2%80%93+gnv/instala+gas+natural+vehicular+/1297102602435/tecnologias.html>

“En el sector industrial el gas natural es utilizado para generar energía en hornos, secadores y calderas, especialmente en las industrias de cerámicas, cemento,

metales, entre otros”⁵⁵. ECOPELROL⁵⁶ establece y deja claro que el aprovechamiento energético y el ahorro en el consumo son notorios cuando se utiliza gas natural. Las calderas utilizadas para calentar el agua o radiadores para un sistema de calefacción usan gas natural como combustible; “la combustión inicia en el quemador de la caldera donde una vez caliente, el vapor se transforma en agua y sale del depósito para recorrer los circuitos”⁵⁷. La figura 8 muestra un ejemplo de calderas de gas. Existen muchos tipos de equipos y tecnología nueva, en donde su funcionamiento se basa en la combustión de gas natural, esto permitirá una reducción de los gases de efecto invernadero a largo plazo.

Figura 8: Caldera de gas



Fuente: NOVELEC. Calderas de gas: funcionamiento y tipos. [Electronic (1)]. sec. Calderas de gas: funcionamiento y tipos. 10/13/2017. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://blog.gruponovelec.com/fontaneria-y-gas/calderas-gas-funcionamiento-tipos/>

⁵⁵ ECOPELROL. Usos del Gas Natural. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Usos del gas natural. [Consultado el 09/212017]. Disponible en: http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/usuarios-del-gas-natural!/ut/p/z0/04_Sj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4JcQo31C7ldFQGkUT1u/

⁵⁶ ECOPELROL. Usos del Gas Natural. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Usos del gas natural. [Consultado el 09/212017]. Disponible en: http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/usuarios-del-gas-natural!/ut/p/z0/04_Sj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4JcQo31C7ldFQGkUT1u/

⁵⁷ NOVELEC. Calderas de gas: funcionamiento y tipos. [Electronic (1)]. sec. Calderas de gas: funcionamiento y tipos. 10/13/2017. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://blog.gruponovelec.com/fontaneria-y-gas/calderas-gas-funcionamiento-tipos/>

Una de las pocas desventajas que ofrece el gas natural como combustible es al momento de transportarlo. “El transporte de gas, necesita recipientes resistentes a altas presiones, para poder almacenar el gas”⁵⁸. Aunque el gas natural tiene una alta densidad de energía en términos de masa, el poder calorífico es menor si se habla de volumen, en comparación con la gasolina. “Esto implica que la distancia recorrida, por un vehículo cuyo motor funciona con gas natural, sería menor que la de vehículos convencionales”⁵⁹.

3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL EN EL SGIE

3.2.1 Procedimiento de Análisis

A partir del análisis del estudio de caso de la empresa BRT Metro de Medellín propuesto por SANÍN⁶⁰, el cual no se encuentra implementado ni acogido por la empresa, se realizará una lista de ventajas y desventajas que se esperan del uso del gas natural para aumentar la eficiencia energética en la operación de la flota de buses articulados y alimentadores. “Actualmente, la empresa cumple con niveles de productividad expresados a través de varios indicadores estandarizados a nivel industrial (consumo específico de energía, intensidad energética y ahorro energético)”⁶¹. Sin embargo, la empresa actualmente no tiene implementado el SGIE por lo que en este análisis se espera contribuir las ventajas que ofrecería el uso de gas natural como fuente de combustible vehicular eficiente energéticamente.

Una vez, recopilada la lista de ventajas y desventajas se procede a realizar una matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) para presentar de forma sistemática las oportunidades que se pueden aprovechar del uso del gas natural y así optimizar la eficiencia energética. Igualmente se pueden detectar las amenazas que para la empresa pueden surgir de la opción del gas natural como combustible y que puedan repercutir en hacer más graves los problemas actuales detectados. Para realizar la matriz DOFA, el investigador clasificara las ventajas y desventajas en los cuatro componentes de la matriz DOFA, teniendo presente que las fortalezas y debilidades se dan al interior de la empresa, y las oportunidades y amenazas se presentan al exterior de la empresa.

Los datos recopilados anteriormente se ordenarán lógicamente en un formato DOFA, el cual permite una mayor comprensión, presentación, discusión y toma de

⁵⁸ OTTERBACH. Óp. Cita., p. 8

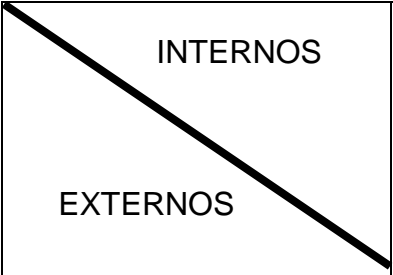
⁵⁹ *Ibíd.* p. 8

⁶⁰ SANÍN, Luis A. Eficiencia Energética En La Administración De Flotas Vehiculares. Caso Buses Del Metro De Medellín. Ingeniería Administrativa. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2016.

⁶¹ *Ibíd.* p. 9

decisiones. Este formato está pensado para proporcionar posibles soluciones a problemas existentes o potenciales⁶². El formato DOFA consta de cuatro dimensiones que son una extensión a los criterios de pros y contras; cada dimensiones representa una de cuatro secciones, una para cada uno de los siguientes elementos: debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Para definir correctamente en que sección se ubica una ventaja o desventaja se sigue el criterio subjetivo del investigador que además toma en cuenta diferentes preguntas que le ayudarán a enfocar mejor la clasificación. Por ejemplo, preguntas referidas a la capacidad del uso del gas natural, sus ventajas competitivas, los recursos, activos y personal capacitado, experiencias, conocimientos, reservas financieras, retorno de la inversión, aspectos innovadores, ubicación geográfica, precio, valor, calidad, acreditaciones, calificaciones, certificaciones, etc.

Cuadro 8: Matriz DOFA

	<p>FORTALEZAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de costos de combustible al implementar el gas natural vehicular 2. Ventaja competitiva al ser una empresa sostenible. 	<p>DEBILIDADES:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mal manejo de la operación de la flota 2. Comportamiento de los conductores 3. La tecnología de los motores no permite una optimización del combustible.
<p>OPORTUNIDADES:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos 2. Incentivos económicos o beneficios tributarios debidos a la reducción de emisiones 3. Mejor calidad de vida para los habitantes de la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el séptimo objetivo de desarrollo sostenible (Energía Asequible y No Contaminante) 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar programas de capacitación a los conductores con el objetivo de aprovechar al máximo la tecnología de los vehículos. “Conducción Eficiente” • Invertir en tecnología de motores de inyección directa de gas para disminuir las emisiones de CO₂
<p>AMENAZAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El abastecimiento de gas natural en Colombia está proyectado aproximadamente hasta el 2025 2. Eficiencia energética del gas natural es menor a la de otros combustibles 3. El tráfico de la ciudad puede reducir la eficiencia energética del gas natural 	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir una flota de buses bi-fuel para prever el futuro agotamiento del gas natural 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar un SGIE para darle un mejor manejo al recurso energético • Invertir en nueva tecnología de motores para optimizar la eficiencia del gas natural

⁶² ISOTOOLS. Óp. Cit., p. 1

3.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para comenzar, IVANCIC⁶³ plantea que la eficiencia energética se puede definir como la relación entre el resultado de un proceso, por ejemplo la producción de bienes y/o servicios y transformación de la energía, y la cantidad de energía requerida para llevar a cabo dicho proceso. “La eficiencia energética repercute directamente en una mejora de la productividad y de la competitividad de las empresas que apuesten por ella”⁶⁴.

A pesar de no ser un combustible convencional para vehículos, el gas natural tiene el LHV por unidad más alto en comparación con otros combustibles. El metano tiene un número de octanaje mucho más alto que la gasolina; lo que indica un incremento en la eficiencia de los motores. “Del mismo modo, el gas natural cuenta con una eficiencia máxima de 90% para la generación de calor domestico; sin embargo, es necesario aclarar que su eficiencia térmica es de máximo 60% cuando se usa en calderas o turbinas de gas para generar electricidad”⁶⁵. YANG⁶⁶ afirma que el alto contenido de CH₄ y otros compuestos como C₂+, N₂, H₂, CO, CO y O₂ hacen que el valor calorífico neto esta entre el rango de 31.6-36.9 Mj/m³.

Como se ha mencionado anteriormente, la UPME ha determinado que el sector transporte en Colombia es uno de los principales consumidores de energía, donde el 90% de esa energía proviene del petróleo y sus derivados, un 9% de energías renovables como los biocombustibles y el gas natural y solo un 0,05% de la electricidad. “Para el año 2013, el transporte carretero estaba compuesto por 65.980 buses, 280.802 camiones y 56.735 tracto camiones, los cuales utilizan diésel y en un menor porcentaje el GNV”⁶⁷.

Un estudio realizado a la flota de buses BRT del Metro de Medellín tiene como propósito incluir el componente de eficiencia energética a dicho medio de transporte masivo. “Este estudio tomó como referencia los siguientes índices internacionales que sirven de base para los diferentes programas de optimización energética: consumo específico de energía, intensidad energética y ahorro energético”⁶⁸. Para

⁶³ IVANCIC, Aleksandar y PÉREZ, Joan A. Casos Prácticos De Eficiencia Energética En España. [Electronic (1)]. España. 2011. [Consultado el 17, Enero, 2018]. Disponible en: http://www.empresaeficiente.com/wp-content/uploads/2016/01/guia_20-casos-practicos-de-la-eficiencia-energetica-en-espana.pdf

⁶⁴ SANÍN. Óp. Cit., p.13

⁶⁵ OTTERBACH. Óp. Cit., p. 13

⁶⁶ YANG, J., et al. Energy gases and related carbon emissions in China. En: Resources, Conservation and Recycling. vol. 113, p. 140-148

⁶⁷ SANÍN. Óp. Cit., p. 1

⁶⁸ Ibíd. p. 9

garantizar una mejor eficiencia energética, SANÍN⁶⁹ propone realizar una gestión de flotas donde se deberá realizar un mantenimiento de los vehículos, dividiendo este último en correctivo, preventivo y predictivo. También se debe brindar una capacitación a los conductores ya que “(...) con el comportamiento de cada uno de ellos se podrá ahorrar hasta un 10% de energía”⁷⁰. De igual manera, dichos ahorros también se verán reflejados en el factor económico y ambiental. “Un estudio realizado para los buses en India que funcionan con motores a GNV, determinó que estos motores son entre 4% y 25% menos eficiente en consumo de combustible (expresado en términos de diésel equivalente) que los motores a diésel con características técnicas semejantes”⁷¹. Esta diferencia de eficiencia se debe al peso y cantidad de tanques requeridos para almacenar el GNV. Entonces, ¿Por qué continuar usando este combustible? La razón principal del uso de esta tecnología se debe a la reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente.

“Una unidad de transporte, sea automóvil, bus o camión, que funciona a base de gasolina o combustibles convencionales presenta aproximadamente un 30% de pérdida de energía a través de los gases de escape en forma de calor, un 20% por calor liberado en el proceso de combustión y un 3% en pérdidas auxiliares que no se deben a fricción”⁷². Esto significa que del total de energía consumida solo un 47% es utilizado para llevar acabo el trabajo.

“El sistema BRT de Medellín cuenta con dos tipos de buses que son Padrones y Articulados; dentro de los articulados se tienen dos modelos que se discriminan por ciertas características del motor. Los buses Articulados consumieron 88.059,70 m³ en octubre de 2013 y mensualmente incrementó hasta llegar a 142.456,86 m³ en agosto de 2016”⁷³. Por otro lado, los buses Padrones pasaron de 155.698,23 m³ a 178.525,20 m³. Esto se muestra en la gráfica 6; y en la gráfica 7 se muestra el promedio de kilómetros recorridos diariamente por cada tipo de bus. Comparando estas dos figuras, se puede observar que el aumento de combustible se generó por un aumento de los kilómetros recorridos.

Al comparar el gas natural con el GLP (gas licuado de petróleo), también se observa que para todos los casos el GLP es una opción más eficiente energéticamente, consumiendo entre un 10-25% menos energía. Después de analizar el funcionamiento de dichos buses se llegó a la conclusión que este sistema de buses tiene avances en su sistema de gestión de flotas pero no se enfoca en la eficiencia del combustible ya que optaron por usar motores dedicados al GNV principalmente por las ventajas medioambientales y económicas de este combustible. A pesar de que el GNV no es el combustible más eficiente en cuanto a energía, el tipo de

⁶⁹ Ibíd. p. 13

⁷⁰ Ibíd. p. 16

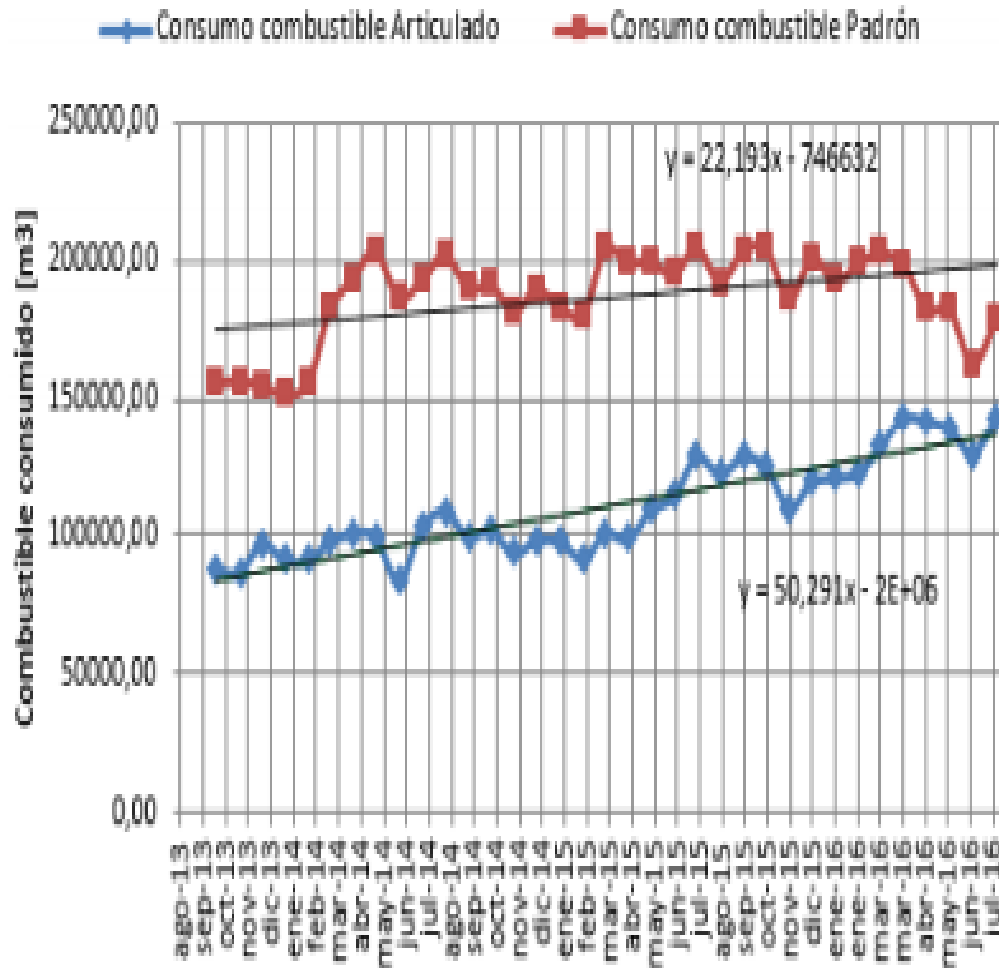
⁷¹ Ibíd. p. 27

⁷² Ibíd. p. 31

⁷³ Ibíd. p. 64

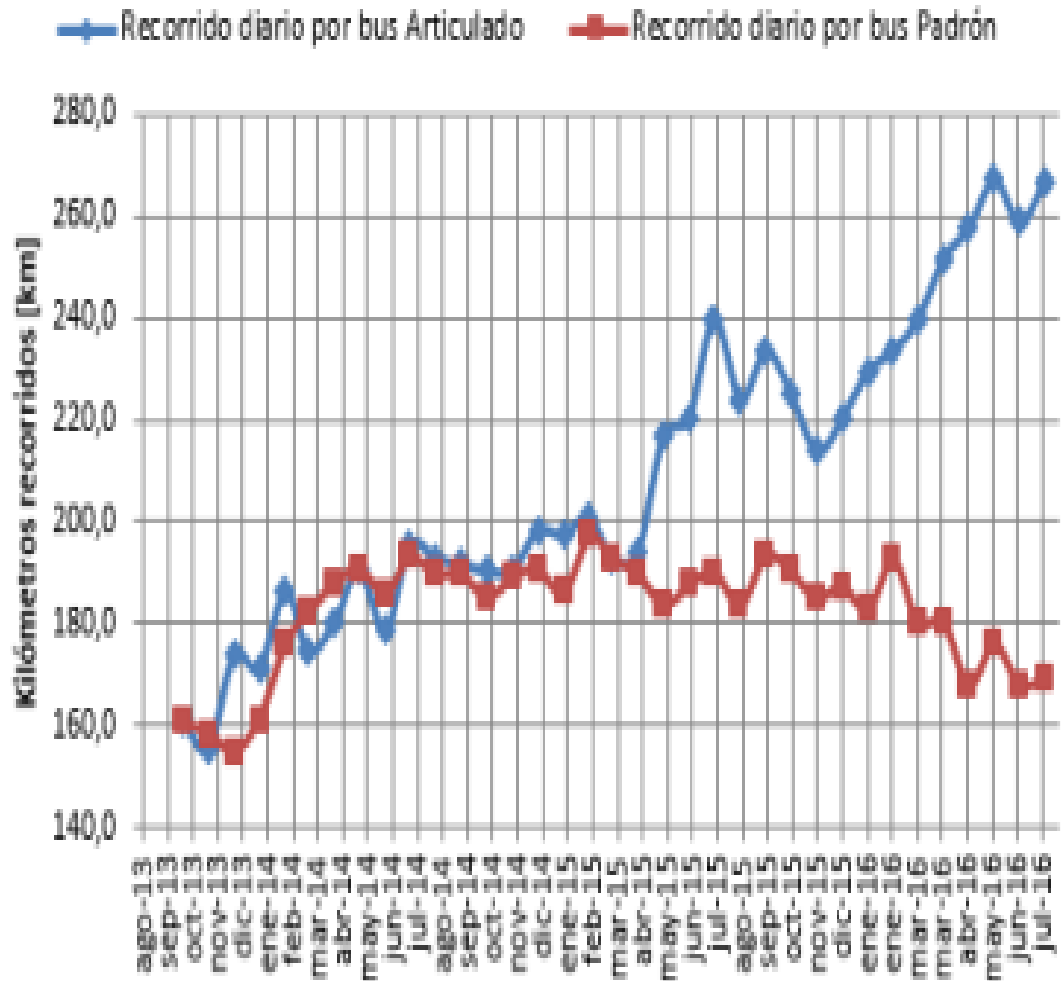
energía y rendimiento del combustible depende en su totalidad del nivel tecnológico, uso interno y regulaciones legales de una empresa

Gráfica 6: Consumo de combustible mensual de la flota por tipo de bus



Fuente: SANÍN, Luis A. Eficiencia Energética En La Administración De Flotas Vehiculares. Caso Buses Del Metro De Medellín. Ingeniería Administrativa. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2016.

Gráfica 7: Promedio de kilómetros recorridos diariamente Articulado y Padrón



Fuente: SANÍN, Luis A. Eficiencia Energética En La Administración De Flotas Vehiculares. Caso Buses Del Metro De Medellín. Ingeniería Administrativa. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2016.

Otro estudio realizado para el transporte en Europa por AOP⁷⁴, demostró que el gas natural es energéticamente menos eficiente que el gasóleo; siendo necesario entre un 15%-40% más de energía. En cuanto a la gasolina, el estudio muestra que esta pueda llegar a ser hasta un 20% más eficiente que el GNV. Aunque el GNV representa menos emisiones de dióxido de carbono, esto indica un mayor consumo energético por distancia recorrida frente a la gasolina. Esta comparación se puede observar en la gráfica 8.

⁷⁴ ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE OPERADORES DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS –AOP-. Combustibles De Automoción: Revisión y Análisis Comparativo De Diferentes Opciones. [Electronic (1)]. España. sec. Publicaciones. 2016. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: http://www.aop.es/media/1673/documento-aop-emisiones-co2-en-el-transporte_def-junio.pdf

Gráfica 8: Análisis comparativo de emisiones por distancia recorrida



Fuente: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE OPERADORES DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS – AOP-. Combustibles De Automoción: Revisión y Análisis Comparativo De Diferentes Opciones. [Electronic (1)]. España. sec. Publicaciones. 2016. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: http://www.aop.es/media/1673/documento-aop-emisiones-co2-en-el-transporte_def-junio.pdf

4. RECOPIACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS NACIONALES PARA EL USO DEL GAS NATURAL

4.1 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS

Según la definición propuesta por ROVERE⁷⁵, una estrategia se define como el conjunto de decisiones fijadas en un determinado contexto o plano, que proceden del proceso organizacional y que integra misión, objetivos y secuencia de acciones administrativas en un todo independiente. “Para plantear una estrategia, se debe describir cómo se van a llevar acabo los objetivos generales de manera eficaz y correcta, es decir que acciones ayudarán a una organización a cumplir con su misión, por ende se deben realizar los planes y calcular el presupuesto para cada estrategia”⁷⁶.

4.1.1 Descripción de Estrategia

Una vez hecho el análisis de cada uno de los elementos anteriores, se puede continuar con el planteamiento de estrategias o acciones de mejoramiento, donde se hace una relación entre las fortalezas y las debilidades con las oportunidades y amenazas, para así poder llegar a dicho planteamiento. En la tabla XX, se presentan las acciones identificadas para cada una de las estrategias que salen del cruce entre las debilidades y fortalezas, por un lado, y las amenazas y oportunidades, por el otro. Las estrategias empresariales que se definen o identifican a través de los factores encontrados en pasos anteriores, se conocen como DO, DA, FO y FA. Estas se conocen, como: FA, estrategia de crecimiento; FO y DO, estrategias de supervivencia; y DA, estrategias defensivas.

4.1.1.1 Estrategia FO

Según la ONU⁷⁷, el séptimo objetivo hace referencia al uso racionalizado de una energía no contaminante; “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.” Por esta razón, se ha propuesto como estrategia FO, haciendo uso de las fortalezas de la empresa y aprovechando las oportunidades externas, cumplir con este séptimo objetivo. Esto le dará valor agregado a la empresa y estará encaminada un desarrollo sostenible a largo plazo.

⁷⁵ ROVERE, Mario. ¿Qué Es Una Estrategia? . [Electronic (0)]: Artículo ed. 2012.

⁷⁶ Ibíd. p. 1

⁷⁷ ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS –ONU-. Objetivos de desarrollo sostenible: 17 objetivos para transformar nuestro mundo. [Electronic (1)]. sec. Objetivos. [Consultado el Octubre 192017]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

4.1.1.2 Estrategia FA

Se conoce como vehículos bi-fuel, a aquellos que “(...) utilizan una mezcla carburante de butano y propano en los motores propulsados a gasolina”⁷⁸. Este tipo de carburante es de las tecnologías más amigables con el medio ambiente “(...) disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono y suponiendo un ahorro económico de aproximadamente 40%”⁷⁹. La estrategia FA usa las fortalezas de la empresa para prever futuras amenazas. Según lo mencionado anteriormente, el abastecimiento del gas natural en Colombia no va más allá del 2023, por esta razón es necesario contar con tecnologías que se adapten a dicho escenario.

4.1.1.3 Estrategia DO

Una estrategia DO pretende aprovechar las oportunidades ajenas a la empresa para lograr superar las debilidades internas de la organización. Al implementar capacitaciones a los conductores sobre conducción eficiente, se estará formando un personal con conductas que permiten aprovechar al máximo el combustible del vehículo y a su vez la tecnología. De este modo, se reducirá en un porcentaje las emisiones de contaminantes atmosféricos y se les brindará mejor calidad de vida a los habitantes.

4.1.1.4 Estrategia DA

La estrategia DA ayudará a fortalecer a la empresa. Al implementar un SGIE en la organización, se le dará un mejor manejo al recurso energético. Habrá una disminución drástica en las emisiones de contaminantes y también se verá reflejado en la parte económica.

4.1.2 Lineamientos de Sostenibilidad

Una vez descritas las estrategias que se obtienen del análisis DOFA realizado, se procede a establecer las actividades, los objetivos y las metas que deben cumplir cada estrategia para que una organización pueda implementar la cogeneración si su propósito es asegurar un SGIE. Para caracterizar cada una de las estrategias en el cuadro 9, se procede a recopilar la información necesaria para que la estrategia pueda ser implementada.

⁷⁸ MARCA MOTOR. AutoGas: vehículo ecológico y sin limitaciones. [Electronic (1)]. España. sec. Motor. [Consultado el 02/022018]. Disponible en: <http://www.marca.com/motor/modelos-coches/2017/05/22/5922cbe9e2704eaa058b4579.html>

⁷⁹ MARCA MOTOR. AutoGas: vehículo ecológico y sin limitaciones. [Electronic (1)]. España. sec. Motor. [Consultado el 02/022018]. Disponible en: <http://www.marca.com/motor/modelos-coches/2017/05/22/5922cbe9e2704eaa058b4579.html>

Cuadro 9: Lineamientos de sostenibilidad para la implementación de la cogeneración en un SGIE

Nombre de la estrategia	Principales actividades de la estrategia	Objetivo	Meta
Programa de cumplimiento del séptimo objetivo de desarrollo sostenible (Energía Asequible y No Contaminante)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2. Visitas a experiencias exitosas internacionales y nacionales. 3. Formación de personal capacitado en el cumplimiento del ODS 4. Realización de un seminario de 140 horas de duración 5. Realización de un conferencista internacional o nacional que motive la implementación de la formación impartida en el seminario. 6. Generación de las políticas a cargo de las autoridades ambientales, energéticas y transporte. 7. Generación de una campaña de difusión masiva para los empresarios del sector 	Desarrollar un programa para el cumplimiento del séptimo objetivo de desarrollo sostenible (Energía Asequible y No Contaminante)	Desarrollo de un programa para el cumplimiento del séptimo objetivo de desarrollo sostenible (Energía Asequible y No Contaminante) en un plazo de cinco años
Programa de Implementación de una flota de buses bi-fuel para prevenir el futuro agotamiento del gas natural	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reglamentación de la política económica nacional CONPES de aplicación del séptimo ODS. 2. Formulación de proyectos para la integración de los buses bi-fuel a los sistemas de transporte ya implementados. 3. Presentación de la logística de operación de los buses híbridos. 4. Monitoreo y control del rendimiento de los buses híbridos incorporados al sistema de transporte masivo 	Implementar una flota de buses bi-fuel para prevenir el futuro agotamiento del gas natural	Implementación de una flota de buses bi-fuel para prevenir el futuro agotamiento del gas natural para ser desarrollado en un plazo de cinco años para disminuir las emisiones de CO2 en un 30%
Programa de capacitación a los conductores sobre buenas prácticas de conducción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar un diagnóstico de necesidades mediante cuestionarios, entrevistas, revisión de documentos y reuniones 2. Análisis de los resultados mediante la revisión de la información recopilada Estudio económico y logístico de la capacitación 3. Ejecución de la capacitación 4. Seguimiento y evaluación 	Aprovechar al máximo la tecnología de los vehículos.	Capacitación a los conductores sobre buenas prácticas de conducción en un plazo de un año

4.1.3 Indicadores para el seguimiento de las estrategias implementadas

Con la información del numeral anterior, se establecen las metas que se quieren conseguir en una organización cuando se aplica la cogeneración para conseguir el SGIE deseado. En tal razón se debe monitorear la eficiencia y eficacia de las actividades planteadas para conseguir los objetivos propuestos. Para ello en este apartado se construyen los indicadores que permitan el monitoreo eficaz de las cuatro estrategias más importantes. En la tabla 12 se consignan los indicadores necesarios para monitorear las estrategias consignadas en la tabla 11

Cuadro 10: Indicadores de gestión, eficacia y eficiencia

Nombre del indicador	Descripción	Unidad de medida	Fórmula	Periodicidad	Tipología
Capacitaciones sobre 7 ^a ODS	Cumplimiento del ODS	Número de personas	$\frac{\text{No. personal capacitado}}{\text{No. personal total}}$	Cada 2 semanas	Eficacia
CONPES reglamentado y publicado en gaceta oficial	CONPES ajustado al PDN	Política publicada	Fecha de publicación	Una vez	Gestión
Banco de proyectos formado	DNP es el encargado de planificar las vigencias futuras	Número de proyectos incorporados al banco	$\frac{\text{No. proyectos aprobados}}{\text{No. proyectos totales}}$	Mensual	Eficacia
Seminarios Realizados	Realización de un seminario de 140 horas de duración	Número de seminarios	$\frac{\text{No. seminarios aprobados}}{\text{No. seminarios totales}}$	Bimensual	Eficacia
Visitas	Visitas a experiencias exitosas internacionales y nacionales	Número de visitas programadas	$\frac{\text{No. Visitas programadas}}{\text{No. visitas probables}}$	Mensual	Gestión
Políticas generadas por diferentes autoridades ambientales	Articulación del SINA para la propuesta de un proyecto de ley, decreto o resolución para ser presentados por el ministerio de ambiente	Número de proyectos de ley, decretos o resoluciones realizados	No. De proyectos de ley, decretos o resoluciones realizados.	Anual	Eficacia
Campaña de difusión masiva para los empresarios del sector	Diseño y publicación de una revista dirigida al sector específico del gas natural	Número de ejemplares publicados y entregados	No. de ejemplares publicados y entregados	Anual	Eficacia
Estudio de pre-factibilidad diseñado y aprobado	Realización de un estudio de pre-factibilidad sobre buenas prácticas de conducción	Estudio de pre-factibilidad entregado a los órganos tomadores de decisiones	Fecha de realización	Anual	Eficacia

5. CONCLUSIONES

- Se logró establecer que en Colombia ya existe una Guía de Implementación del Sistema de Gestión de la Energía, realizada por la Unidad de Planeación Minero Energética; la cual consiste en el cumplimiento de los requisitos señalados por la norma ISO 50001. Esta guía está disponible a nivel nacional para todas aquellas organizaciones que deseen adaptar este sistema de gestión en sus procesos.
- Fue posible identificar los factores internos y externos que influyen en una empresa para el desarrollo del gas natural como fuente de combustible frente a otras fuentes disponibles en el país. Estos factores permitieron establecer las estrategias que pueden ser aplicadas en Colombia para promover el uso del gas natural como una fuente de combustible más económica y más limpia.
- Entre las principales estrategias encontradas, resaltan las siguientes: 1) Programa de cumplimiento del séptimo objetivo de desarrollo sostenible (Energía Asequible y No Contaminante); 2) Programa de Implementación de una flota de buses bi-fuel para prever el futuro agotamiento del gas natural; y 3) Programa de capacitación a los conductores sobre buenas prácticas de conducción.

6. RECOMENDACIONES

- El desarrollo del gas natural como fuente de combustión alterna debe dirigirse al sector transporte, especialmente al transporte público de las grandes ciudades colombianas. Se deben realizar más investigaciones en cuanto a la eficiencia y desempeño energético de los vehículos bi-fuel, para así determinar la viabilidad de implementación de dicha tecnología en Colombia.
- No existe la normativa vigente necesaria para reglamentar el uso de gas natural y establecer tasas retributivas para los consumidores. Al implementar dichas regulaciones, se promovería el uso del gas natural y se lograría disminuir la contaminación por gases de efecto invernadero generado por las fuentes móviles terrestres.
- Colombia debería ser un país líder en el desarrollo sostenible debido a su gran biodiversidad. Por esta razón, se deben incentivar y financiar todas las investigaciones relacionadas con el uso de fuentes de energía diferentes a la gasolina y el carbón.

BIBLIOGRAFÍA

AHUMADA ROJAS, Omar G. Listo Esquema Para Destruir Gasoductos En Todas Las Regiones Del País. El Tiempo. Colombia. 18 de marzo de 2016.

DINERO. Las diez petroleras con mayor producción en Colombia. [Electronic (1)]. Bogotá. D.C. CO. sec. Tendencias. 11/29/2011. [Consultado el 20, Noviembre, 2017]. Disponible en: <http://www.dinero.com/negocios/articulo/las-diez-petroleras-mayor-produccion-colombia/140828>

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE OPERADORES DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS –AOP-. Combustibles De Automoción: Revisión y Análisis Comparativo De Diferentes Opciones. [Electronic (1)]. España. sec. Publicaciones. 2016. [Consultado el 01/15/2018]. Disponible en: http://www.aop.es/media/1673/documento-aop-emisiones-co2-en-el-transporte_def-junio.pdf

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES –ANLA-. Términos de Referencia. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Términos de referencia [Consultado el 01/15/2018]. Disponible en: <http://www.anla.gov.co/terminos-referencia>

BAE, Choongsik y KIM, Jaeheun. Alternative fuels for internal combustion engines. En: PROCEEDINGS OF THE COMBUSTION INSTITUTE.

CAMPOS AVELLA, Juan Carlos y PRIAS CAICEDO, Omar. Guía Para La Implementación De Sistemas De Gestión Integral De La Energía. En: COLCIENCIAS. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones. [Consultado 10, Octubre, 2017]. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS –CREG-. Resolución CREG 026 De 2017: Terminal De Regasificación En El Pacífico Como Proyecto Del Plan De Abastecimiento De Gas. [Electronic (1)]. Bogotá. D.C. CO. sec. Comunicaciones. [Consultado el 20, Noviembre, 2017]. Disponible en: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/prensa/presentaciones/category/1027-presentaciones-2017>

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS –CREG-. Lista de Empresas de Gas Natural - Distribuidora. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. [Consultado el 01/15/2018]. Disponible en: http://cregas.creg.gov.co/pls/directdcd/directorio_fmt.listar_sector_gas?sectact=GD
ECOPETROL. Usos del Gas Natural. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Usos del gas natural. [Consultado el 09/21/2017]. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y->

servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/usos-del-gas-natural!/ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4JcQo31C7ldFQGkUT1u/

FARAMAWY, S.; ZAKI, T. y SAKR, A. A. -E. Natural gas origin, composition, and processing: A review. En: JOURNAL OF NATURAL GAS SCIENCE AND ENGINEERING. vol. 34, p. 34-54

GAS NATURAL FENOSA. Tecnologías. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Gas natural vehicular. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/gas+natural+vehicular+%E2%80%93+gnv/instala+gas+natural+vehicular+/1297102602435/tecnologias.html>

HERRERA TORRES, Gabriel; ALVIS COLMENARES, María F. y AYALA MORA, Diana C. Propuesta de Tasa Retributiva por Emisiones de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Fuentes Fijas Ubicadas en Bogotá D.C. Agosto 2011.vol. 5,

IVANCIC, Aleksandar y PÉREZ, Joan A. Casos Prácticos De Eficiencia Energética En España. [Electronic (1)]. España. 2011. [Consultado el 17, Enero, 2018]. Disponible en: http://www.empresaeiciente.com/wp-content/uploads/2016/01/guia_20-casos-practicos-de-la-eficiencia-energetica-en-espana.pdf

KRUKAJA, Rinkesh. Advantages y Disadvantages of Natural Gas. [Electronic (1)]. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-natural-gas.php>

MARCA MOTOR. AutoGas: vehículo ecológico y sin limitaciones. [Electronic (1)]. España. sec. Motor. [Consultado el 02/022018]. Disponible en: <http://www.marca.com/motor/modelos-coches/2017/05/22/5922cbe9e2704eaa058b4579.html>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Agenda regulatoria dirección de energía eléctrica 2018 [Electronic (1)]. Colombia. Agosto 11, 2017. [Consultado el 12/112017]. Disponible en: https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23937903/081117_agenda_regula_energia_2018.xlsx/81d64355-257b-4803-a936-3802ed4f8720

NEDGIA. Características del gas natural. [Electronic (1)]. España. sec. Características del Gas Natural. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.nedgia.es/es/conocenos/quienes+somos/historia+del+gas/1297104955871/caracteristicas+del+gas+natural.html>

NOVELEC. Calderas de gas: funcionamiento y tipos. [Electronic (1)]. sec. Calderas de gas: funcionamiento y tipos. 10/13/2017. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://blog.gruponovelec.com/fontaneria-y-gas/calderas-gas-funcionamiento-tipos/>

ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS –ONU-. Objetivos de desarrollo sostenible: 17 objetivos para transformar nuestro mundo. [Electronic (1)]. sec. Objetivos. [Consultado el Octubre 192017]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

OTTERBACH, Dieter H. Energía y Calentamiento Global: ¿Cómo Asegurar La Supervivencia De La Humanidad? México, D.F., MX: Larousse - Grupo Editorial Patria, 2014.

PORTAFOLIO. Gas natural, la apuesta de Colombia por un combustible limpio y eficiente. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Infraestructura. [Consultado el 12/112017]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/el-gas-la-apuesta-de-colombia-por-un-combustible-limpio-y-eficiente-504369>

ROVERE, Mario. ¿Qué Es Una Estrategia? . [Electronic (1)]: Artículo ed. 2012.

SANÍN, Luis A. Eficiencia Energética En La Administración De Flotas Vehiculares. Caso Buses Del Metro De Medellín. Ingeniería Administrativa. Medellín, Colombia.: Universidad Nacional de Colombia, 2016.

SEMANA SOSTENIBLE. ¿Por qué no avanzan los proyectos de eficiencia energética en Colombia?. [Electronic (1)]. Bogotá D.C. CO. sec. Actualidad. [Consultado el Diciembre 112017]. Disponible en: <http://sostenibilidad.semana.com/actualidad/articulo/eficiencia-energetica-en-colombia-por-que-no-avanzan-los-proyectos-en-el-pais/39122>

SHELL GLOBAL. Natural Gas and Its Advantages. [Electronic (1)]. Estados Unidos. sec. Natural Gas. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/natural-gas-and-its-advantages.html>

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PETRÓLEO Y GAS COLOMBIANO. Principales Indicadores de Hidrocarburos, Gas Natural y Biocombustibles [Electronic (1)]. Colombia. sec. Sector Hidrocarburos. [Consultado el 01/152018]. Disponible en: <http://www.sipg.gov.co/sipg/Home/SectorHidrocarburos/PrincipalesCifras/tabid/65/language/es-ES/Default.aspx>

AENOR. Sistema De Gestión De La Energía. Requisitos Con Orientación Para Su Uso. (ISO 50001:2011). [Electronic (1)]. España. sec. Normas y Publicaciones.

[Consultado el 15, Septiembre, 2017]. Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0047918#.WoSx8oNuaUk>

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA –UPME-. Balance De Gas Natural 2017. [Electronic (1)]: Colombia. sec. Informes. 2017. p. 7 [Consultado el 01/152018]. Disponible en:
<http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE%20GAS%20NATURAL%202017-2026%20VERSION%20FINAL.pdf>