

**ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA COGENERACIÓN PARA
UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN COLOMBIA**

YEISSON ARNULFO RAMÍREZ SUAREZ

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

**ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA COGENERACIÓN PARA
UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN COLOMBIA**

YEISSON ARNULFO RAMÍREZ SUAREZ

Monografía para optar por el título de Especialista en Gestión Ambiental

**ASESOR
JIMMY EDGARD ALVAREZ DIAZ
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

Bogotá, D.C., Marzo. 2018.

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

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suarez

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 documento. Estos corresponden únicamente al autor.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres, por darme la vida, el amor, la educación y el apoyo necesario para alcanzar las metas que me he propuesto hasta hoy.

Además, se lo dedico a se lo dedico Dios, por guiar mi camino y permitirme cumplir cada meta que me he propuesto a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por estar siempre a mi lado en constante apoyo, al profesor Jimmy Álvarez por su paciencia y dedicación a lo largo de este trabajo, y al Doctor Archer por su colaboración.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	14
1. METODOLOGÍA	15
1.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE) EN COLOMBIA	15
1.2 COGENERACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE EN COLOMBIA	15
1.3 ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE LA COGENERACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE EN COLOMBIA	16
2. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE) EN COLOMBIA	17
2.1 ISO 50001:2011	17
2.2 MARCO NORMATIVO DE LA COGENERACIÓN Y LOS SGE	22
2.3 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA COGENERACIÓN	26
2.3.1 Definición y caracterización de la cogeneración	26
2.3.2 Ventajas de la cogeneración	29
2.3.3 Tecnologías de cogeneración	30
2.3.4 Cogeneración en Colombia	33
2.4 INTEGRACIÓN DE LA COGENERACIÓN EN EL SGIE	35
2.5 MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN COLOMBIA	38
2.5.1 Conceptualización del modelo colombiano	38
3. COGENERACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE EN COLOMBIA	41
3.1 FRONTERA ENERGY COMO EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN	41
3.2 AJUSTES DEL SGIE PARA UNA COMPAÑÍA PETROLERA	43
4. ESTRATEGIAS PARA EL USO DE LA COGENERACIÓN EN UN SGIE	47
4.1 ANÁLISIS FODA	47
4.1.1 Procedimiento de análisis	47
4.1.2 Recopilación de ventajas y desventajas	48
4.1.3 Elaboración de la matriz FODA	49
4.2 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS	51
4.2.1 Descripción de las estrategias	51
4.2.1.1 Estrategias FO	52
4.2.1.2 Estrategias DO	53
4.2.1.3 Estrategias FA	53
4.2.1.4 Estrategias DA	54
4.2.2 Lineamientos de sostenibilidad	54
4.2.3 Indicadores para el seguimiento de las estrategias implementadas	56

5. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA COGENERACIÓN	59
6. CONCLUSIONES	61
7. RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Normativa nacional para el manejo de la cogeneración y los SGE.	23
Cuadro 2. Campos petroleros en Colombia frente a la cogeneración.	34
Cuadro 3. Aspectos claves del Modelo Energético Nacional.	40
Cuadro 4. Requisitos de la ISO 50001 asociados con la cogeneración.	43
Cuadro 5. Ventajas y desventajas de la cogeneración.	48
Cuadro 6. Matriz FODA de la cogeneración dentro de un SGIE.	51
Cuadro 7. Consolidado de estrategias.	52
Cuadro 8. Lineamientos de sostenibilidad para la implementación de la cogeneración en un SGIE.	54
Cuadro 9. Indicadores de monitoreo de las estrategias.	56

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Modelo del sistema de gestión de la ISO 50001:2011.	18
Figura 2. Diagrama conceptual del proceso de planificación estratégica.	19
Figura 3. Representación conceptual del desempeño energético.	20
Figura 4. Evolución del concepto de gestión energética.	21
Figura 5. Etapas para la implementación favorable del SGIE.	22
Figura 6. Esquema general de generación de electricidad en un proceso convencional.	26
Figura 7. Esquema del uso de energía para un proceso de generación de energía eléctrica y térmica a partir de la cogeneración.	28
Figura 8. Esquema general de cualquier esquema de cogeneración.	30
Figura 9. Crédito para inversión en proyectos con FNCE.	36
Figura 10. Objetivos y aspectos más importantes del Modelo Energético Colombiano.	39
Figura 11. Datos de consumo y generación de energía eléctrica por Frontera Energy en Colombia.	42

RESUMEN

Actualmente, existe una fuerte dependencia de los combustibles fósiles para la generación de la energía consumida por la población mundial. Tal vez, el constante descubrimiento de nuevas reservas en el pasado hizo pensar, de forma exagerada, que su agotamiento estaba muy lejos. Sin embargo, como está comprobado actualmente, estas reservas son finitas y su final está muy cerca. Desde que se alcanzó el pico máximo de producción mundial en el 2010, se requiere cada vez más energía para extraer los hidrocarburos del subsuelo. Este aumento en la demanda de energía para la producción de nueva energía, valga la redundancia, plantea un reto enorme para los directivos en términos de aprovechamiento e innovación energética.

Con esto, el camino a seguir por las compañías petroleras es iniciar con la incursión de nuevas tecnologías dentro de sus procesos convencionales. La cogeneración se muestra como una alternativa viable desde el aspecto económico y medioambiental para comenzar la transformación de las formas actuales de producir energía y convertirlas cada vez más en procesos amigables con el medio ambiente. Dentro de este trabajo encontrará la revisión bibliográfica necesaria para identificar los beneficios y dificultades que se presentan una vez se empieza el camino hacia el uso de la cogeneración dentro de un Sistema de Gestión Integral de la Energía; y las estrategias necesarias para garantizar el éxito.

Palabras claves: cogeneración, eficiencia energética, sistema de gestión de la energía, energías alternativas.

INTRODUCCIÓN

“Las subastas para las plantas de cogeneración fijan nuestro rumbo para el futuro. La cogeneración es un pilar energético clave”
Rainer Baake

La siguiente investigación se hace con el propósito de documentar las alternativas que la industria petrolera está utilizando actualmente y se pueden usar para liberar algunos procesos muy dependientes del suministro externo de energía eléctrica y térmica. En consecuencia, esta monografía apunta al cumplimiento de las metas establecidas en el séptimo objetivo de desarrollo sostenible, el cual se estableció por la ONU en el 2015 para garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Las metas a cumplir dentro de este objetivo son las siguientes: “1) duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética; y 2) 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; ambas con un plazo máximo de realización para el 2030.

El camino a seguir por las compañías petroleras es iniciar con la incursión de nuevas tecnologías dentro de sus procesos convencionales. La cogeneración se muestra como una alternativa viable desde el aspecto económico y medioambiental para comenzar la transformación de las formas actuales de producir energía y convertirlas cada vez más en procesos amigables con el medio ambiente. Dentro de este trabajo encontrará la revisión bibliográfica necesaria para identificar los beneficios y dificultades que se presentan una vez se empieza el camino hacia el uso de la cogeneración dentro de un Sistema de Gestión Integral de la Energía; y las estrategias necesarias para garantizar el éxito.

¹ ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS (ONU) Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio Web]. Bogotá D.C.. CO. sec Objetivos. [Consultado 10, Octubre, 2018]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer las estrategias para la implementación de la cogeneración en un sistema de gestión integral de la energía a través de la revisión de experiencias exitosas y aplicadas en la industria.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el aporte de la cogeneración para la gestión integral de la energía a través de una revisión bibliográfica.
- Identificar la aplicación de la cogeneración a través de la revisión de experiencias exitosas y aplicadas
- Examinar las estrategias para la implementación de la cogeneración en un sistema de gestión integral de la energía.

1. METODOLOGÍA

1.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE) EN COLOMBIA

A lo largo del capítulo 1 se expondrá la implementación del SGIE en Colombia. Para ello, se realizará una revisión bibliográfica de fuentes de información secundarias halladas en páginas oficiales que garanticen la confiabilidad de la información obtenida. Seguidamente, se realizará una búsqueda normativa en las bases de datos *Ambientalex* y *Leyex*, que permitan visualizar la normativa que rige a las empresas petroleras del país en términos de aprovechamiento energético. Para realizar una identificación de la normativa nacional pertinente al tema de esta monografía, se construirá una matriz en que relacione el tipo de normativa y su objeto con el año de publicación; para luego identificar la entidad que la formula y los sectores que entran dentro del alcance de aplicación de la norma.

Por otro lado, se hablará de las tecnologías de cogeneración dentro de los SGIE's. Para esto, se comenzará caracterizando la cogeneración a través de la explicación de su origen, definición y los diferentes tipos de cogeneración utilizados hoy en día. La redacción de estos aspectos se llevará a cabo siguiendo el trabajo realizado por el doctor Gil García en su libro *Energías del Siglo XXI: de las energías fósiles a las alternativas*².

1.2 COGENERACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE EN COLOMBIA

En el capítulo 2, se resumirán los aspectos relevantes al sector petrolero que se encuentren en la ISO 50001 de tal forma que se identifiquen las herramientas de integración energética en este tipo de organizaciones. Una vez identificadas estas herramientas, se propondrá un modelo de gestión energético basado en el modelo que propone el *Programa Estratégico Nacional en Sistemas de Gestión Integral de Energía*³ que se usa actualmente en Colombia.

Luego, y tomando datos de las mismas fuente bibliográficas, se podrá establecer el aumento de la eficiencia energética obtenido a partir de la implementación de las tecnologías de cogeneración en los procesos petroleros. Además, como soporte, se utilizarán casos exitosos dentro de la industria donde se han utilizado estas

² GIL GARCÍA, Gregorio. Cogeneración. En: Energías del siglo XXI. De las energías fósiles a las alternativas. Madrid: Antonio Madrid Vicente, 2008. p. 451.

³ ROJAS RODRIGUEZ, David Bernardo y PRÍAS CAICEDO, Omar. Herramientas *Lean* para apoyar la implementación de sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001. En: Energética. Diciembre, 2014. no. 44. p. 49.

tecnologías como: la aplicación descrita en el “Informe de Sostenibilidad 2016”⁴ de Frontera Energy en Colombia.

1.3 ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE LA COGENERACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE EN COLOMBIA

Se llevará a cabo un análisis FODA donde se relacionarán las debilidades con las oportunidades y las fortalezas con las amenazas para así lograr definir las ventajas y desventajas de la implementación de la cogeneración dentro de un SGIE. Con base en la información recolectada, será posible identificar los puntos claves del modelo de gestión energética colombiano que permitan plantear las estrategias para la implementación de la cogeneración en un sistema de gestión de energía en Colombia, para los sectores industrial y petrolero. Para cada uno de estos dos escenarios de aplicación de la cogeneración, se utilizará la información recopilada para producir de forma sintética la forma en que funciona un SGIE con tecnologías de cogeneración en casos específicos para cada uno de los sectores mencionados.

Además, luego de plantear las estrategias, se describirán las actividades necesarias para lograr cumplir con las metas perseguidas por el presente trabajo. Para garantizar el correcto funcionamiento de los diferentes procesos que se propondrán, se debe realizar un seguimiento y control a cada aspecto clave. Por esta razón, se diseñaran diferentes indicadores de gestión, eficiencia y eficacia con los cuales se podrá medir el nivel de cumplimiento de los objetivos planteados en las estrategias.

⁴ FRONTERA ENERGY CORPORATION. Avanzar es el Camino: Informe de Sostenibilidad 2016. En: Página Oficial de Frontera Energy Latinoamérica, 2017. 88 p.

2. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE) EN COLOMBIA

2.1 ISO 50001:2011

Como explica Acoltzi⁵, en el 2011 la Organización Internacional de Estandarización (ISO por sus siglas en inglés) emitía al público la norma ISO 50001:2011 como respuesta a la necesidad de las grandes industrias por contar con una herramienta que les permitiera aplicar la mejora continua en sus procesos en términos de eficiencia energética y reducción de impactos ambientales. Sumando las palabras del profesor Rosero⁶, el afán por reducir los costos operativos generados en procesos ineficientes, aumentar la competitividad en mercados cada vez más exigentes en el cuidado del medioambiente, aumentar la calidad de los servicios, entre otros; las empresas petroleras inician el proceso de certificación de esta norma desde el mismo año de su emisión.

“El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía”⁷. La incorporación de esta Norma Internacional dentro de las herramientas utilizadas por una organización para realizar sus labores, permite reducir los costos producidos por el manejo inadecuado de la energía. Además, facilita la disminución de los impactos ambientales relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la identificación de fuentes contaminantes que serán rediseñadas posteriormente.

Como se explica en la ISO 50001:2001⁸, esta norma se basa en el ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) de mejora continua que integra la gestión de la energía a cada proceso y actividad que se realiza dentro de la organización. Dentro del contexto del aprovechamiento energético, como dice la Norma Internacional⁹, el ciclo PHVA corresponde a las siguientes actividades: en la etapa de Planificar se debe llevar a cabo una revisión energética para establecer una línea base, los objetivos, los planes de acción, las metas y los indicadores de gestión bajo los

⁵ ACOLTZI ACOLTZI, Higinio y PÉREZ REBOLLEDO Hugo. ISO 50001, Gestión de Energía. En: Boletín IIE. Mayo, 2014. Vol., 114, no. 56, p. 157.

⁶ ROSERO GARCIA, Javier; TELLEZ GUTIERREZ, Sandra y PRIAS CAICEDO, Omar. Implementación de sistema de gestión integral de energética (SGIE) en la industria petrolera. En: III Jornada de Automatización de la Industria Petrolera (3: 15-20 abril: Bogotá D.C.). Bogotá D.C.: Colciencias, 2015. p. 353.

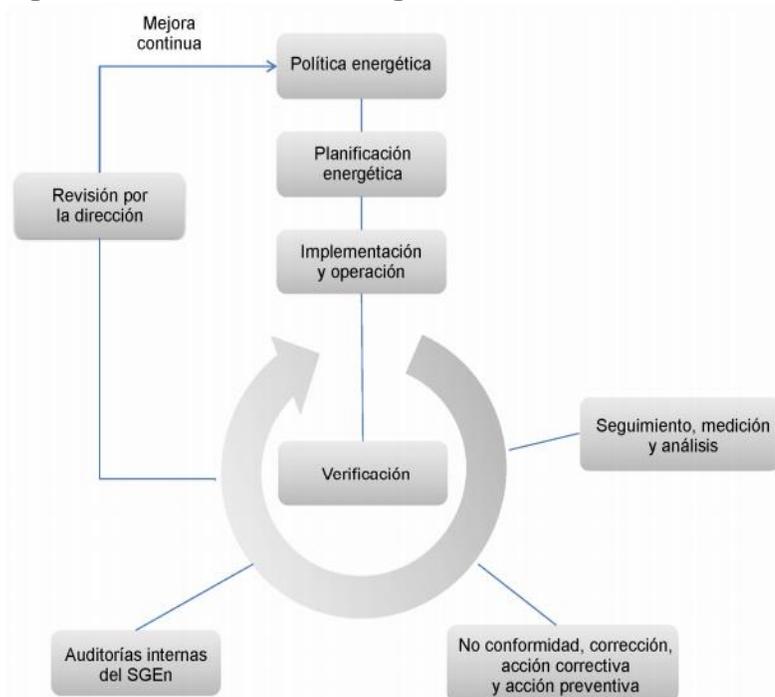
⁷ ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. UNE-EN ISO 50001. Madrid: AENOR, 2011. p. 8.

⁸ *Ibid.*, p. 8.

⁹ *Ibid.*, p. 8.

cuales se logrará mejorar el desempeño energético de la organización con base en su política energética. Luego, en la siguiente etapa se deben llevar a cabo todas las actividades acordadas dentro del plan de acción. Para la etapa de verificación, se realizan las mediciones y los seguimientos a los procesos para poder comparar los resultados con la línea base y así seguir con la última etapa. Por último, en la etapa de Actuar, se generan nuevos planes de acción con base en los resultados de la etapa anterior y se logra la mejora continua a lo largo de toda la organización. En la figura 1 se visualiza el esquema bajo el cual la norma logra generar su retroalimentación y sustenta todo su funcionamiento.

Figura 1. Modelo del sistema de gestión de la ISO 50001:2011.



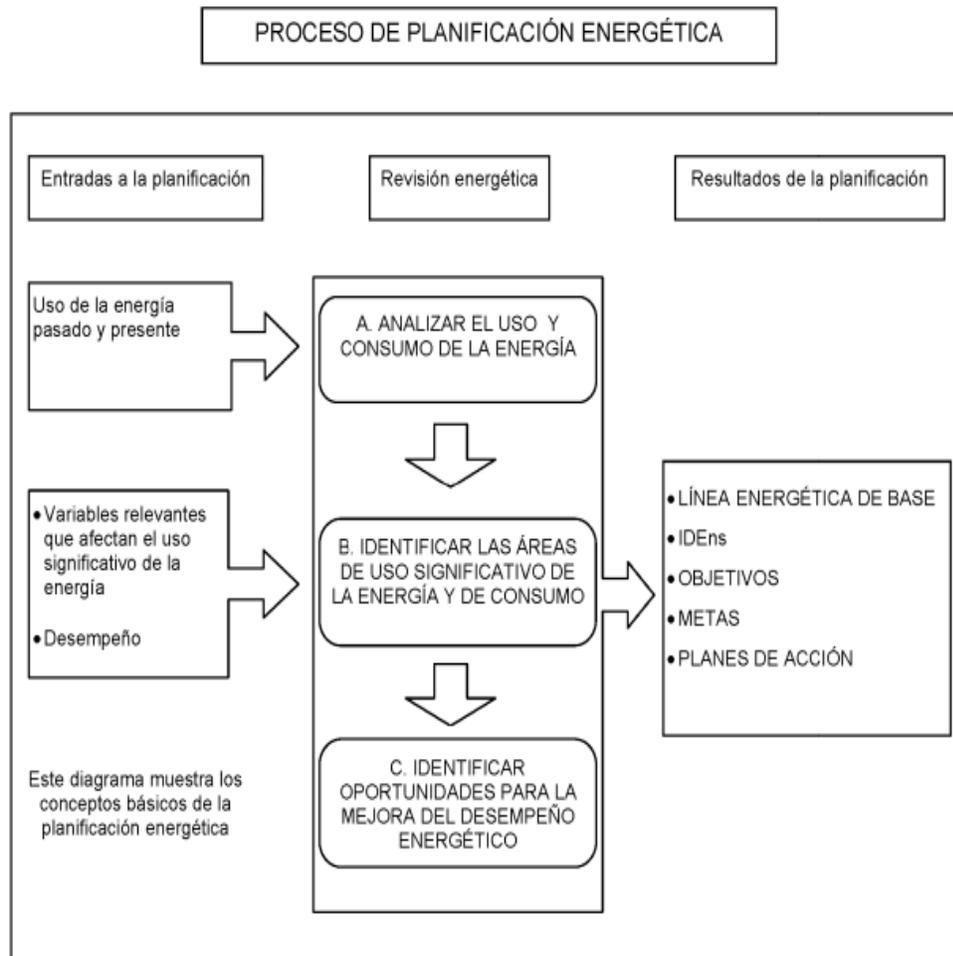
Fuente. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. UNE-EN ISO 50001. Madrid: AENOR, 2011. p. 8.

La etapa de planificación, probablemente, es durante la cual se generan las mayores dificultades y durante la cual se deben invertir la mayor cantidad de recursos. Debido a esto, como se explica en la Norma¹⁰, se exige la revisión de los requisitos legales y demás requisitos necesarios para garantizar que la organización sea capaz de implementar y mantener todo el SGE. Además, aclara que la Alta Dirección tiene la responsabilidad de crear la política energética de la organización, darla a conocer a todas las partes interesadas y asegurar su cumplimiento. Por último, “la organización debe establecer una(s) línea(s) de base energética

¹⁰ Ibid., p. 15.

utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un periodo para la recolección de datos adecuados al uso y consumo de energía de la organización. Los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea base energética”¹¹. En la figura 2 se puede observar el diagrama conceptual de esta etapa.

Figura 2. Diagrama conceptual del proceso de planificación energética.



Fuente. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. UNE-EN ISO 50001. Madrid: AENOR, 2011. p. 8.

Por otro lado, como se explica dentro de la misma ISO 50001:2011¹², la importancia que tiene la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo energético para la elección de las actividades a realizar. Estos factores permiten tener un amplio

¹¹ Ibid., p. 16.

¹² Ibid., p. 22.

rango de actividades que lleven al aumento del desempeño energético. En la figura 3 se evidencian estos factores y otros más.

Figura 3. Representación conceptual del desempeño energético.



Fuente. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. UNE-EN ISO 50001. Madrid: AENOR, 2011. p. 8.

Para la etapa de implementación, como se muestra en la ISO 50001:2011¹³, la organización debe asegurar que su personal operativo y administrativo cuente con la formación, educación, conocimiento y experiencia necesaria para llevar a cabo todas las actividades relacionadas con el desempeño energético. Adicional a esto, la organización debe mantener información documentada que se considere necesaria para llevar a cabo todas las actividades requeridas por el SGE y debe asegurar su integridad y control.

A lo largo de la etapa de verificación, la organización debe mantener un seguimiento constante a los diferentes aspectos claves que tienen un impacto dentro del funcionamiento del SGE. La organización debe revisar como mínimo los siguientes ítems durante esta etapa: “a) los usos significativos de la energía y otros elementos resultantes de la revisión energética; b) las variables pertinentes relacionadas con los usos significativos de la energía; c) los IDEs^(*); d) la eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y las metas”¹⁴, entre otros. Es importante que la verificación se complemente con auditorías internas y externas para contar con

¹³ Ibid., p. 13.

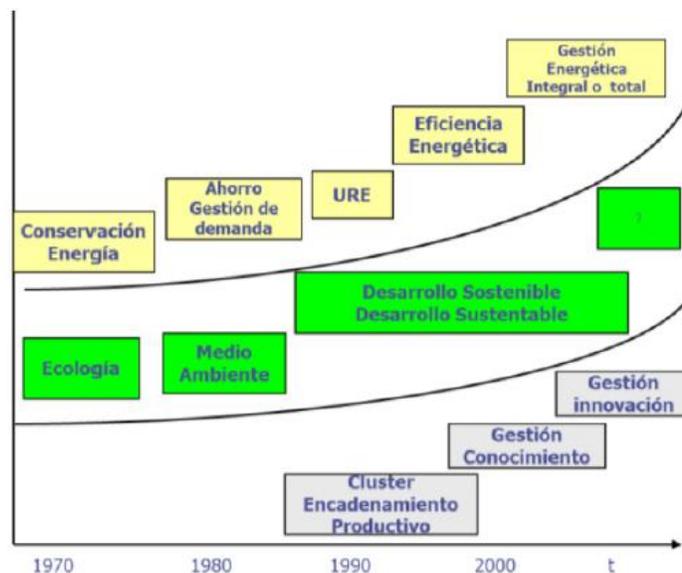
(*) Los IDEs son Índices de Desempeño Energético que permiten tener una medida del desempeño real de la organización frente a unas metas establecidas.

¹⁴ Ibid., p. 19.

información verídica que refleje la realidad del desempeño energético de la organización. Por último, en la etapa de Actuar, se debe recoger toda la información obtenida en la etapa anterior y se deben idear acciones correctivas, preventivas o de mejora para continuar con la mejora continua.

Por consiguiente, los SGIE se rigen bajo la norma ISO 50001:2011 y se definen de la siguiente manera: “El Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), es un sistema de gestión integrado por el conjunto de factores estructurados mediante normas, procedimientos y actuaciones que permite la materialización de las políticas, los objetivos y las metas de eficiencia energética a través de una participación activa de los trabajadores en relación con la tecnología y los procesos. El SGIE constituye una parte del sistema general de gestión de la empresa”¹⁵. Como todos los sistemas de gestión utilizados actualmente por las organizaciones enfocadas en mantener su competitividad, el SGIE basa sus acciones en la mejora continua de cada proceso. De esta forma, se involucran todos los aspectos que generan, o pueden generar, una alteración dentro del funcionamiento del sistema.

Figura 4. Evolución del concepto de gestión energética.



Fuente. ROJAS RODRIGUEZ. En: Herramientas *Lean* para apoyar la implementación de sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001

Por último, en cuanto a la decisión de incorporar un Sistema de Gestión Integral de la Energía, su implementación no implica la necesidad de eliminar ningún otro con el cual la organización se encuentre certificada o, tampoco, la cancelación de proyectos para implementar nuevos sistemas de gestión diferentes. Por el contrario,

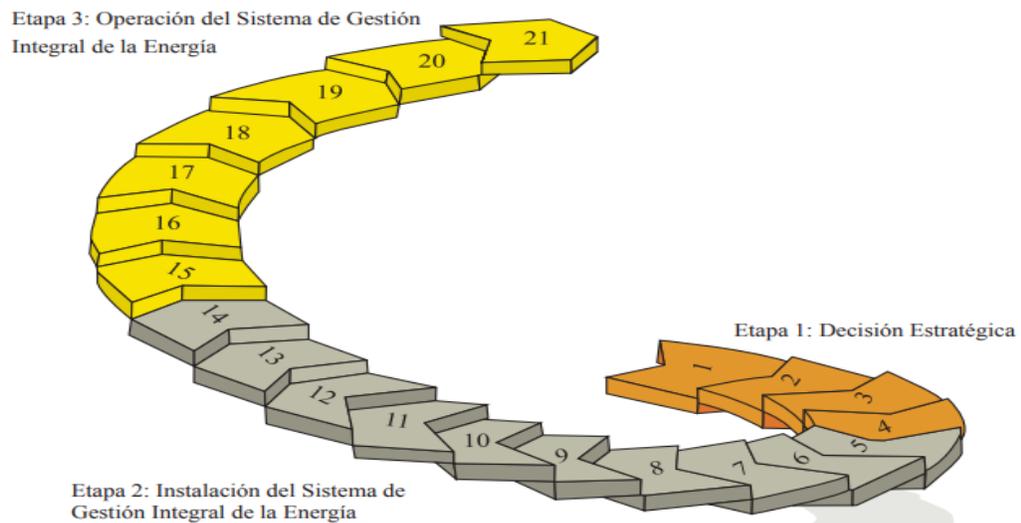
¹⁵ CAMPOS AVELLA, Juan Carlos, *et al.* Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la implementación. Bogotá D.C.: Dígitos& Diseños, 2008. p. 13. ISBN 978-958-8123-43-1.

el SGIE busca acoplarse de forma integral a los demás sistemas para lograr el alcance de los objetivos de todas las normas de la forma más eficiente. }

El desarrollo de estas herramientas surge de la necesidad de la conservación de la energía como respuesta al elevado riesgo de acabar con una fuente de suministro energética confiable en el futuro. Como se muestra en el artículo escrito por Rojas¹⁶, desde 1970 se han venido incorporando varias estrategias de ahorro energético dentro de las organizaciones. Éstas han dado origen al SGIE como se conoce hoy en día. Esta evolución se refleja en la figura 4.

Debido a esto, como expone Campos¹⁷, el inicio de operaciones se ha estructurado en tres etapas que le permiten a la organización prepararse en los aspectos técnicos, organizacionales y culturales necesarios para una implementación favorable como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Etapas para la implementación favorable del SGIE.



Fuente. CAMPOS AVELLA, Juan Carlos. En: Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la implementación.

2.2 MARCO NORMATIVO DE LA COGENERACIÓN Y LOS SGE

Como se explicó anteriormente, la norma ISO 50001:2011 dentro de sus requisitos exige a las organizaciones cumplir con los requisitos mínimos legales para llevar a cabo todas sus actividades. Desde el 2001 en Colombia se viene desarrollando una normativa que regula los temas de uso energético y otorga beneficios a las entidades privadas que integren el uso eficiente de la energía a través de procesos sostenibles. A través de estas leyes, decretos y resoluciones se promueve el uso

¹⁶ ROJAS RODRIGUEZ. Op. cit., p. 51.

¹⁷ CAMPOS AVELLA. Op. cit., p. 14.

de las energías alternativas como respuesta al uso intensivo de fuentes de energía convencionales que generan grandes cargas de gases contaminantes emitidos a la atmósfera. Dentro de la normativa presentada en este trabajo, la cogeneración se muestra como una oportunidad viable para acceder a los beneficios brindados por el gobierno y así aumentar considerablemente la viabilidad de cualquier proyecto energético.

Aquellas organizaciones que encaminen sus proyectos energéticos hacia la incorporación de fuentes de energía alternativas, se encontrarán con una serie de ventajas y ayudas en los trámites legales pertinentes. Como se explicará más adelante, existen resoluciones y decretos que obligan a las entidades gubernamentales encargadas de otorgar los permisos ambientales a priorizar los proyectos donde se evidencie el uso de procesos sostenibles. Sumado a lo anterior, la rebaja de impuestos para este tipo de proyectos reduce significativamente los costos operativos y permite obtener mayores ganancias. A continuación, en el cuadro 1 se presentan las leyes, decretos y resoluciones que se deben tener en cuenta dentro de cualquier proyecto energético que involucre el uso de tecnologías de cogeneración.

Cuadro 1. Normativa nacional para el manejo de la cogeneración y los SGE.

Ley, Decreto o Resolución	Descripción
Ley 1715 del 13 de Mayo de 2014	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.
Ley 1215 del 16 de Julio de 2008	Por la cual se adoptan medidas en materia de generación de energía eléctrica.
Ley 697 del 3 de Octubre de 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
Decreto 2143 del 4 de Noviembre de 2015	Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014.
Decreto 2225 del 21 de Junio de 2010	Por el cual se reglamenta el numeral 4 del artículo 7° de la Ley 697 de 2001.
Decreto 3683 del 19 de Diciembre de 2003	Por la cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial.
Resolución 143 del 10 de marzo de 2016	Por la cual se modifica el artículo quinto y se adicionan artículos anexos a la Resolución UPME 0520 de octubre de 2007 por medio de la cual se establece el Registro de Proyectos de Generación y se toman otras disposiciones.

Cuadro 1. (Continuación)

Ley, Decreto o Resolución	Descripción
Resolución 1286 del 26 de octubre de 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.
Resolución 1283 del 3 de Agosto de 2016	Por la cual se establece el procedimiento 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 de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones.
Resolución 077 del 16 de Marzo de 2009	Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución de carácter general, que pretende adoptar la CREG con el fin de determinar los requisitos y condiciones técnicas que deben cumplir los procesos de cogeneración y se regula esta actividad.
Resolución UPME 0520 del 9 Octubre de 2007	Por medio de la cual se establece el registro de proyectos de generación con el cual deben ser registrados los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a operar en el Sistema Interconectado Nacional.

Fuente. Autor.

A través de la Ley 697 de 2001 el gobierno colombiano inicia el camino de conversión de su normativa nacional hacia una política de inclusión de las energías alternativas y otorga beneficios a aquellas personas jurídicas que incorporen procesos sostenibles de producción de energía. “Declárese el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de convivencia nacional, fundamentalmente para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales”¹⁸. Este mandato, que posteriormente sería reglamentado por los Decretos 3683 de 2003 y 2225 de 2010, incorpora por primera vez las definiciones de fuentes no convencionales de energía, servicios energéticos, cogenerador y cogeneración; y da vía libre al uso de energías nuevas para la industria colombiana.

Luego llegaría la Resolución UPME 0520 de 2007 que dicta las fases y los pasos para registrar proyectos donde se produzca energía a través de procesos no convencionales. La Unidad de Planeación Minero Energética se compromete, mediante esta Resolución, a impulsar el desarrollo tecnológico y brindar las herramientas necesarias para garantizar el cuidado del medio ambiente mediante la investigación. Sin embargo, debido al incumplimiento de las organizaciones en

¹⁸ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 697. (3, octubre, 2001). Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Registro Distrital. Bogotá D.C., 2001. no. 44573. 1 p.

los plazos para notificar el cambio de fase, como explica la Resolución 143 de 2016¹⁹, se designaron los siguientes plazos para radicar los cambios de fases: dos años para la primera, un año para la segunda, y para la tercera se otorgó un año o el inicio de la construcción si esta ocurre primero.

Posteriormente, en el 2016 el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible comienza la emisión de certificaciones de beneficios ambientales a aquellas organizaciones que incluyan energías no convencionales como la cogeneración dentro de sus procesos. Estas ayudas, como se expresa en la Resolución 1283²⁰, se reglamentan fijando cuatro beneficios como ámbitos de aplicación: 1) exención de gravamen arancelario y por ende una reducción considerable en los costos de importación de maquinaria; 2) todos los equipos, insumos y elementos importados o nacionales que hagan parte de algún proceso no convencional tendrán una reducción en el IVA; 3) se controla la depreciación acelerada en los equipos utilizados por la organización para que su valor no se vea afectado de la misma manera como se hace con los equipos convencionales; y 4) que probablemente sea el que más beneficios otorga a quienes apliquen a este tipo de proyectos amigables con el medio ambiente, la deducción especial en los pagos del impuesto sobre la renta. Empero, todos los beneficios anteriormente mencionados no pueden ser otorgados si la persona jurídica no comprueba algún tipo de inversión en el desarrollo investigativo de las fuentes de producción energética no convencionales.

Sin embargo, la Ley 1715 de 2014 se presenta como la más influyente en el desarrollo de los SGE y el uso de tecnologías alternativas como la cogeneración. En el Artículo 1º se refiere de la siguiente manera al uso de herramientas de gestión energética: “La presente Ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía, como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismo propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta a la demanda”²¹. Es evidente el esfuerzo que se viene

¹⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 143 (10, marzo, 2016). Por la cual se modifica el artículo quinto y se adicionan artículos anexos a la Resolución UPME 0520 de octubre de 2007 por medio de la cual se establece el Registro de Proyectos de Generación y se toman otras disposiciones. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2016. 2 p.

²⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1283 (3, agosto, 2016). Por la cual se establece el procedimiento 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 de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2016. p. 4.

²¹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1715. (13, mayo, 2014). Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2014. no. 49150. p. 1.

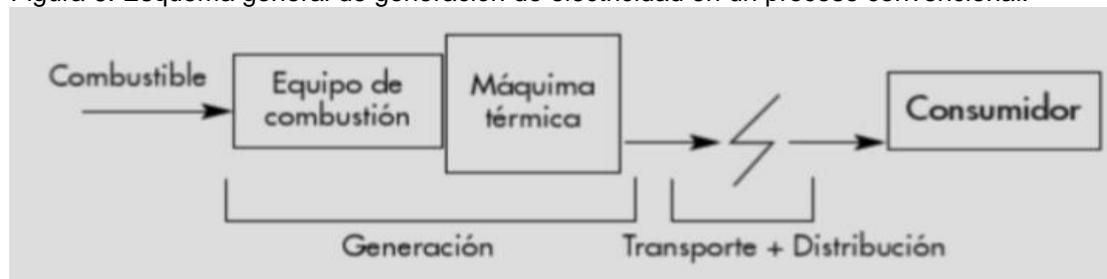
adelantando desde el gobierno colombiano para facilitar el desarrollo de las energías alternativas a lo largo de todo su parque industrial.

Para terminar, existe una serie de normativas complementarias al tema del uso de cogeneración dentro de los SGE que se mencionan a continuación: Ley 1215 de 2008, Decreto 2143 de 2015, Resolución 1286 de 2016 y Resolución 077 de 2009 entre otras.

2.3 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA COGENERACIÓN

2.3.1 Definición y caracterización de la cogeneración. Como dice el doctor García²², la cogeneración consiste en generar energía eléctrica y energía térmica simultáneamente de una forma eficiente que presente beneficios económicos y medioambientales. Visto desde otro punto, se trata de aprovechar los residuos térmicos de ciertos procesos para convertirlos en la materia prima (combustible) de la generación de electricidad para autoconsumo.

Figura 6. Esquema general de generación de electricidad en un proceso convencional.



Fuente. GIL GARCÍA, Gregorio. Cogeneración. En: Energías del siglo XXI. De las energías fósiles a las alternativas. Madrid: Antonio Madrid Vicente, 2008. p. 451.

En la figura 6 se muestra el proceso típico asociado a la generación de electricidad en procesos convencionales. El combustible es utilizado en el equipo de combustión junto con la máquina térmica donde se genera la electricidad, de allí pasa a las líneas de transporte donde es distribuida a los diferentes puntos de consumo. Tanto en la generación como en la distribución se generan una serie de pérdidas energéticas que reducen significativamente la eficiencia del proceso.

Para poder tener una idea clara del ahorro energético que se produce al implementar un sistema de cogeneración, es necesario aclarar los conceptos de energía primaria y energía final. Según el doctor García²³, La energía primaria puede verse como la cantidad de energía total que se podría obtener de un combustible en un proceso ideal. Sin embargo, como ese proceso ideal está lejos de ser alcanzado, se deriva el segundo concepto de interés. La energía final es la

²² GIL GARCÍA. Op. cit., p. 451.

²³ Ibid., p. 452.

cantidad total de energía que realmente recibe el consumidor una vez se han realizados todos los pasos que componen los procesos de generación de electricidad.

Como en la cogeneración se manejan dos tipos de energías: térmica y eléctrica; es necesario evaluar el desempeño individual de ellas dentro de sus respectivos procesos para así poder visualizar la ganancia obtenida al combinarlos.

Ayudado con las palabras del doctor Almutairi²⁴, para el cálculo de la energía eléctrica final que llega al consumidor es necesario tener en cuenta el rendimiento eléctrico (hc) y el rendimiento de transporte y distribución de la electricidad (hdc). Dependiendo del tipo de tecnología utilizada en el proceso, los valores pueden variar ligeramente. Sin embargo, los valores típicos para estos son: 40% y 90% respectivamente. Por lo tanto, la energía eléctrica final viene dada por la combinación de estos dos rendimientos más la energía primaria que es capaz de otorgar el combustible:

$$\begin{aligned}\text{Energía eléctrica final} &= hc * hdc * \text{energía primaria} \\ \text{Energía eléctrica final} &= 0,4 * 0,9 * \text{energía primaria} \\ \text{Energía eléctrica final} &= 0,36 * \text{energía primaria}\end{aligned}$$

Para el caso de la energía térmica final se debe trabajar con el rendimiento térmico (η_t) y el rendimiento de transporte y distribución del calor (η_{dt}). Los valores varían significativamente respecto a la energía eléctrica final. Usualmente se trabaja con un 85% para la térmica y un 98% para transporte y distribución. Con todo esto, la ecuación final para este caso queda de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\text{Energía térmica final} &= \eta_t * \eta_{dt} * \text{energía primaria} \\ \text{Energía térmica final} &= 0,85 * 0,98 * \text{energía primaria} \\ \text{Energía térmica final} &= 0,83 * \text{energía primaria}\end{aligned}$$

Cabe aclarar que la diferencia entre el rendimiento de transporte y distribución de la energía eléctrica final y el rendimiento de transporte y distribución de la energía térmica final, se justifica en la distancia mucho más grande que debe recorrer la energía eléctrica, desde el punto de generación hasta el punto de consumo, respecto a la energía térmica.

La clave de la cogeneración está en el incremento de eficiencias que se otorga a distintos procesos. “Pasando de eficiencias muy bajas, cercanas al 30%, a unas

²⁴ ALMUTAIRI, Abdulrahman, *et al.* Energetic and exergetic analysis of cogeneration power combined cycle and ME-TVC-MED water desalination plant: Part-1 operation and performance. En: Applied Thermal Engineering. Junio, 2016. vol. 103, p. 78.

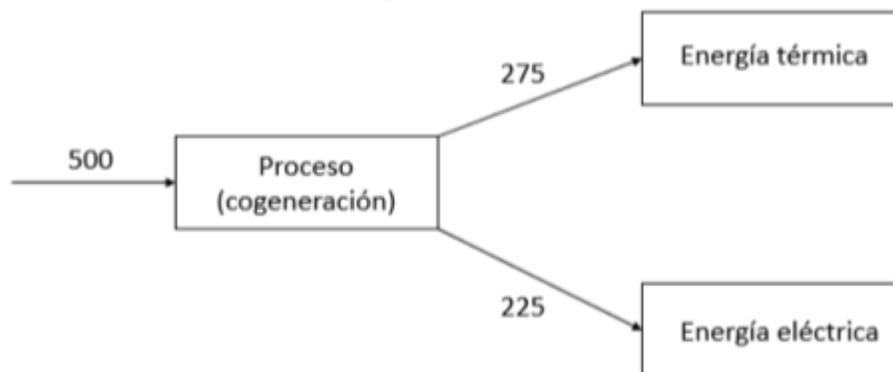
muy altas, llegando hasta el 90%, que se logran fácilmente con la implementación distintas tecnologías que trae este tipo de energía alternativa”²⁵.

Continuando con las palabras del doctor García²⁶, una generación convencional tiene un rango de eficiencia entre 30% – 35% y en el mejor de los casos se llega a obtener valores cercanos al 60%. Este último, se obtiene solo cuando se realizan todas las correcciones que permiten disminuirlas perdidas por fricción dentro de los equipos y las pérdidas sufridas en el transporte de la electricidad desde la generación hasta el punto de consumo. Cabe aclarar que una eficiencia tan alta en un proceso convencional no es algo común ni sencillo de lograr. Alcanzar este rendimiento solo se logra mediante una inversión económica muy grande que vuelve inviable la realización del mismo en la mayoría de los casos.

Un breve ejemplo ayudara a visualizar la ganancia energética que se obtiene en los procesos de cogeneración frente a los distintos procesos convencionales que se llevan a cabo hoy en día.

En una planta de generación de energía eléctrica se cuenta con 500 unidades de energía para llevar a cabo el proceso. Se aplicará cierto tipo de tecnología para convertir este en cogeneración. Los valores de rendimiento eléctrico y rendimiento térmico serán de 35% y 55% respectivamente, como se observa a continuación en la figura 7.

Figura 7. Esquema del uso de energía para un proceso de generación de energía eléctrica y térmica a partir de la cogeneración.



Fuente. Autor.

Ahora, para entender la diferencia energética que implica la implementación de la cogeneración, se debe calcular la cantidad de unidades de energía necesarias para producir la misma cantidad de energía térmica y eléctrica mediante procesos convencionales. Para esto, se utilizan los rendimientos calculados previamente para las energías térmicas y eléctricas finales.

²⁵ GIL GARCÍA. Op. cit., p. 452

²⁶ Ibid.,p. 452.

$$\begin{aligned} \text{Energía eléctrica final} &= 0,36 * \text{energía primaria} \\ \text{Energía primaria} &= (\text{Energía eléctrica final}) / 0,36 \\ \text{Energía primaria} &= 225 / 0,36 = 625 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energía térmica final} &= 0,83 * \text{energía primaria} \\ \text{Energía primaria} &= (\text{Energía térmica final}) / 0,83 \\ \text{Energía primaria} &= 275 / 0,83 \approx 331 \end{aligned}$$

Como se logra observar en los resultados, el ahorro energético conseguido mediante la cogeneración está cerca del 52,3% para este ejemplo representativo. Son necesarias cerca 956 unidades de energía en un proceso convencional para producir los mismos resultados que un proceso de cogeneración que utilice tan solo 500 unidades,

2.3.2 Ventajas de la cogeneración. El beneficio energético que otorga la cogeneración, como se evidencia previamente, crea un escenario muy rentable para la realización de proyectos innovadores que garanticen una alta rentabilidad y al mismo tiempo sean amigables con el medioambiente. Ahora bien, siempre y cuando se mantengan los parámetros correctos en el funcionamiento de las tecnologías de cogeneración, se obtendrán con seguridad las siguientes ventajas según el doctor García²⁷:

- Aumento considerable en la eficiencia de generación de energía junto con un mejor aprovechamiento de la misma.
- Reducción en los costos operacionales debido a la reducción de pérdidas energéticas y al autoabastecimiento de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los procesos. Esto se traduce en un incremento de la competitividad por parte de la industria frente al mercado.
- Disminución en la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, causantes del efecto invernadero, como el CO₂. Esto se debe a la reducción en el uso de combustibles para la generación de energía.
- Se consigue, además, incursionar en un mercado innovador donde la compañía podrá encontrar diversas soluciones a problemas medioambientales y económicos. Supones, a su vez, invertir en tecnologías avanzadas que garantizan el desarrollo constante de la industria.
- Otro panorama beneficioso en cuanto a los costos, es la reducción en la necesidad de verter residuos que pueden ser utilizados en la cogeneración.

²⁷ Ibid., p. 454.

Algunos de los gases procedentes del proceso de refinación del petróleo, deben tratarse como residuos y disponer de un tratamiento costoso para su disposición final. En este caso, se logra acabar con la necesidad de tratar estos residuos y así obtener ganancias.

- Se presenta una oportunidad única para poner punto final al problema de abastecimiento eléctrico en regiones remotas, donde la red eléctrica no tiene como llegar. La cogeneración, al ser un proceso de generación eléctrica para consumo in situ, asegura el autoabastecimiento que requiera la planta para realizar sus trabajos sin inconveniente.
- Por último, esta nueva forma de generar energía es garante en la generación de nuevos empleos para personal capacitado.

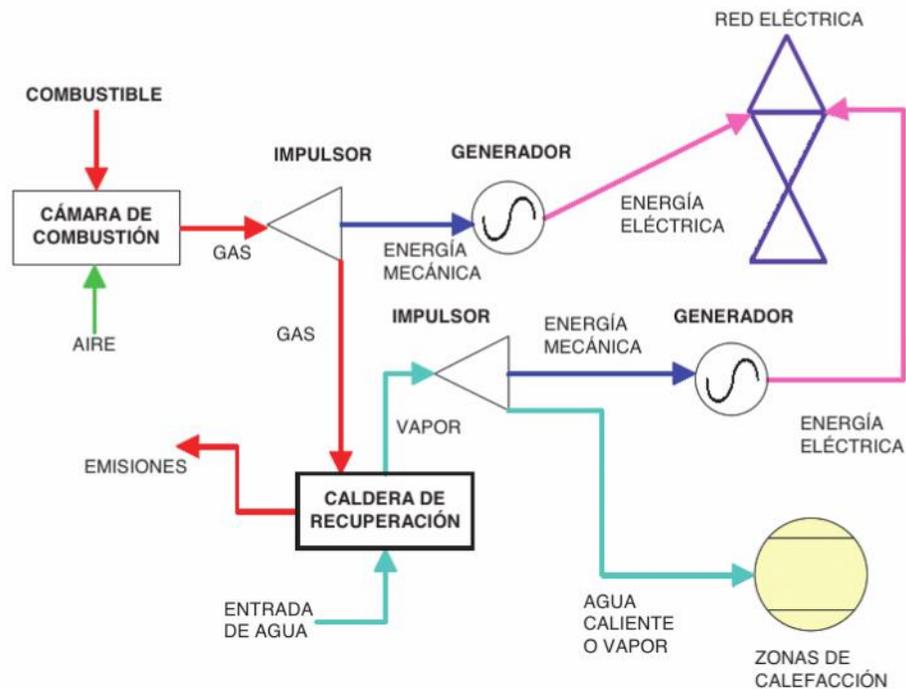
2.3.3 Tecnologías de cogeneración. En la generación de electricidad, mediante la cogeneración, se emplean diversos tipos de máquinas capaces de aprovechar al máximo el calor emitido por procesos ajenos, cuya complejidad se basa en el nivel de tecnología que manejen. Con base en las palabras del doctor García²⁸, en este nuevo proceso, se puede utilizar el combustible de forma directa o indirecta. Reduciendo, casi en su totalidad, las pérdidas energéticas causadas por rozamiento, transmisión a los equipos, procesos de radiación y convección del motor.

En todo proceso de cogeneración se cuenta con cuatro elementos principales que garantizan el funcionamiento adecuado, estos son: un impulsor (motor), un generador de electricidad, un sistema de recuperación de calor y un sistema de control. “El tipo de impulsor y la forma de combinar estos elementos dependen del lugar donde se realizará el proceso. En cuanto a las eficiencias con que trabaja cada elemento, estas tienen unos valores ya demostrados mediante pruebas en campo”²⁹. A continuación, se muestra el esquema general de cualquier proceso de cogeneración, dejando en claro la utilización de los elementos anteriormente mencionados. Cabe aclarar que el sistema de control no demuestra explícitamente en el esquema, ya que, este hace parte de cada uno de los otros tres elementos.

Figura 8. Esquema general de cualquier esquema de cogeneración.

²⁸ Ibid.,p. 463.

²⁹ Ibid.,p. 463.



Fuente. GIL GARCÍA, Gregorio. Cogeneración. En: Energías del siglo XXI. De las energías fósiles a las alternativas. Madrid: Antonio Madrid Vicente, 2008. p. 453.

De esta forma, se garantiza el máximo aprovechamiento de los residuos térmicos generados en el proceso y el suministro constante de combustible para que no sea interrumpido en ningún momento. Si bien se observa una salida de emisiones, más adelante se dejará en claro la cantidad y el efecto que tienen estas sobre el medioambiente.

En la clasificación de las unidades de cogeneración es usual regirse con basen el tipo de impulsor y combustible que es utilizado. Sin embargo, para el desarrollo de este trabajo, se hablará de dos clasificaciones generales: tecnologías convencionales y nuevas tecnologías.

Dentro de las tecnologías convencionales se tienen las turbinas de vapor. Su funcionamiento es muy sencillo. Como explica Atănăsoae³⁰, el residuo que se usa como combustible es calentado en una caldera convencional hasta el punto deseado para el óptimo funcionamiento, este es enviado a alta presión a la turbina, donde se expande, y genera energía mecánica que posteriormente es transmitida al sistema de generación de electricidad. Este sistema produce la menor cantidad de energía eléctrica por unidad de combustible utilizado respecto a los demás sistemas de cogeneración. Sin embargo, su rendimiento no baja del 80%, siendo muy eficiente frente a cualquier proceso convencional. Sumando, este tipo de

³⁰ ATĂNĂSOAE, Pavel. Determining the Operating Diagram for the Cogeneration Steam Turbines. En: Science Direct. Octubre, 2015. vol. 9, p. 797.

método ha sido muy utilizado en distintas industrias desde los comienzos de la cogeneración.

En segundo lugar, están las turbinas de gas que, en comparación con la turbina de vapor, esta presenta una mayor facilidad en su instalación, ya que, cuenta con menos implementos adicionales y puede ser adecuada en espacios reducidos cuando entra a formar parte de un proceso ya existente. Sin dejar a un lado el hecho de ser el sistema más utilizado por las industrias que trabajan con la cogeneración a gran escala.

“En cuanto a su funcionamiento, este se asemeja bastante a la turbina de vapor. Los gases, que han sido previamente presurizados, ingresan a altas temperaturas (900 - 1.200 °C) en la turbina donde empujan los álabes del ventilador y este, a su vez, transforma ese movimiento en energía mecánica que posteriormente es aprovechada”³¹. Esta energía puede usarse de distintas formas para producir electricidad mediante un sistema de generación de electricidad, impulsar bombas, compresores, entre otros.

Por otro lado, están los motores alternativos. El funcionamiento de estos sistemas es muy similar a los procesos llevados a cabo en las turbinas de vapor y gas. Sin embargo, para este caso, la eficiencia eléctrica obtenida es mayor, sacrificando la eficiencia térmica que tiende a ser mucho menor. Lo anterior se debe la baja temperatura de salida del proceso que no permite al sistema de cogeneración recuperar la energía esperada. Por otro lado, los motores que se usan en este tipo de sistema son motores de combustión interna que trabajan con diésel y gasolina.

Por último, en términos de tecnologías convencionales, se tienen los ciclos combinados. Para comprender más fácilmente esta tecnología, se hará referencia del estudio hecho por el doctor Almutairi³², el cual dice que en este proceso la demanda de energía eléctrica en la planta no debe ser menor a los 3 MW^(*), por lo tanto, solo es apto para cogeneración a gran escala. Su funcionamiento es muy simple: el gas caliente, que sale de la turbina de gas, es utilizado para calentar agua y producir vapor; este vapor caliente es ingresado en la turbina de vapor para la producción de energía mecánica; posteriormente esta es transformada en energía eléctrica mediante un sistema de generación. Este proceso es conocido como ciclo combinado (CCGT).

Por otro lado, se están adelantando estudios de fiabilidad y rentabilidad con nuevas tecnologías que permitan obtener energía de forma más eficiente y aún más

³¹ GIL GARCÍA. Op. cit., p. 467

³² ATĂNĂSOAE. Op. cit., p. 800.

(*) 1 MW es una unidad de potencia usada en Sistema Internacional y equivale a 1'000.000 de vatios.

respetuosa con el medioambiente. Algunas de estas no estarán disponibles en menos de 10 años: 1) Motores Stirling; 2) Micro turbinas; y 3) Pilas de combustible.

Los motores Stirling, como explica García³³, difieren grandemente de los motores alternativos por la forma en que se realiza la combustión. En estos motores, la combustión se realiza de forma externa con gases que son calentados fuera del equipo, como por ejemplo con helio. Su funcionamiento innovador consiste en la expansión del gas dentro de un cilindro, esto produce el desplazamiento de un pistón (pistón de trabajo), el cual está unido a un pistón de desplazamiento que posteriormente comprime de nuevo el gas y lo envía al inicio del proceso.

En cuanto a las micro turbinas, uno de los principales inconvenientes que presenta la cogeneración hoy en día, es la restricción que tiene para un funcionamiento económicamente rentable en condiciones de baja escala. Para esto, se están creando sistemas que trabajan cercanos a los 25 kW. Estas turbinas cuentan con una sola parte móvil que no requiere de lubricación, disminuyendo así las pérdidas de calor por fricción refrigeración. Por otro lado, el combustible utilizado es el gas natural, sin embargo, se están realizando pruebas para que funcionen con diésel y biomasa.

Respecto a las pilas de combustible, García³⁴ afirma que gracias a Sir William Grove, es posible generar energía eléctrica y calor, a partir de un combustible fósil, sin generar residuos contaminantes que no puedan ser tratados y reutilizados de forma rentable. Hoy en día, su funcionamiento las convierte en una de las formas de producción de energía más costosas, sin embargo, se está trabajando en su desarrollo para disminuir el costo operacional de estas y así poder introducirlas al mercado de forma permanente.

2.3.4 Cogeneración en Colombia. Colombia es uno de los países promotores y pioneros en Latinoamérica en materia de implementación de energías renovables. Como dice la doctora Pérez³⁵, en la política de los últimos gobiernos, este tema ha sido fundamental para el desarrollo del sector industrial en el país. Sectores como la caña, en el Valle del Cauca, y la utilización de biocombustibles en el transporte pesado ha permitido liderar los índices de aporte en materia de sostenibilidad. Sin embargo, dentro del sector petrolero no existe un avance significativo en la implementación de tecnologías de cogeneración.

³³ GIL GARCÍA. Op. cit., p. 476.

³⁴ Ibid., p. 478.

³⁵ PÉREZ, Yuranni, *et al.* Evaluación De Procesos De Co-Generación Para El Aumento De La Eficiencia Energética En La Producción De Bioetanol Combustible En La Industria Azucarera Colombiana. En: CENTRO AZÚCAR. Abril, vol. 36, no. 2, p. 16.

El cuadro 2 muestra la cruda realidad que afronta la industria petrolera colombiana frente a la cogeneración. En la primera columna se tiene el nombre de cada campo que está siendo explotado actualmente, en la segunda se especifican los campos que cuentan con un potencial para la implementación de tecnologías de cogeneración y, tercera esta la columna donde se seleccionan aquellos en los cuales se usa la cogeneración actualmente.

Cuadro 2. Campos petroleros en Colombia frente a la cogeneración.

Campo	Potencial para el uso de cogeneración	Uso de cogeneración
Apiay	X	-
Ballena	X	-
Chruyaco	-	-
Chichimene	X	-
Castilla	X	-
Corocora	-	-
Cupiagua	X	-
Casabe	X	-
Caño Limón	X	-
Cantagallo	-	-
Chuchupa	X	-
Estero	-	-
Guando	-	-
Jordan	-	-
Montañuelo	-	-
Nororiente	-	-
Orito	X	-
Orocue	-	-
Opon	-	-
Payoa y Provincia	-	-
Rubiales	X	-
Río Zulia	-	-
Rondon	-	-
Río de Oro	-	-
San Antonio	-	-
Toroyaco	-	-
Tibu	X	-
Tisquirama	-	-
Tello	-	-

Fuente. Autor.

Es importante aclarar que los campos indicados como potenciales para la cogeneración, se han escogido bajo el criterio del tamaño de sus reservas y producción. Otro criterio fue el tamaño de sus facilidades en superficie, las cuales son directamente proporcionales con la demanda de energía. Es decir, los campos que pueden ser trabajados con cogeneración, son aquellos que cumplen con una demanda mínima de energía eléctrica y los procesos que se lleva a cabo dentro de estos hacen factible el uso de estas tecnologías.

Lamentablemente, de los campos con potencial para la cogeneración, ninguno cuenta con esta tecnología actualmente. Además, son muy pocos los proyectos que se están desarrollando actualmente en este tema y no se ve un panorama alentador por ahora. Esto significa que las pérdidas en energía son elevadas para Colombia y los ahorros económicos que se podrían generar aún están lejos. Es importante que los directivos de las compañías pioneras en este país se empiecen a interesar por el uso de energías sostenibles y dejen a un lado el error común de pensar en estas como una disminución de las utilidades.

2.4 INTEGRACIÓN DE LA COGENERACIÓN EN EL SGIE

Como se expresa en las políticas emitidas en los CONPES, el mal momento económico que atraviesa la industria petrolera colombiana a causa de los elevados costos operativos y la drástica disminución del precio del petróleo, hace necesario considerar estrategias que incrementen la productividad y reduzcan los gastos. El aspecto principal sobre el cual deben redundar estas decisiones es la mejora de la competitividad de la organización dentro de mercados dinámicos encaminados a las energías limpias. El proceso de refinación es el eslabón de la cadena de producción de petróleo que más oportunidades presenta para incorporar nuevas tecnologías como la cogeneración dentro de sus procesos y sistemas de gestión energéticos. De esta forma, se aprovecharía el poder calorífico contenido en los hidrocarburos no solo para la producción de energía limpia sino, además, para elaborar productos verdes que aumenten la productividad de la organización.

“Según las políticas nacionales, los proyectos de cogeneración tienen un valor presente neto positivo para tasas de descuento hasta del 12%, por lo que se concluye que del desarrollo de proyectos con FNCE pueden ser los más factibles y mejorarían la rentabilidad de nuevos proyectos”³⁶. Además, es importante tener presente que el potencial energético de los procesos donde se puede incorporar tecnologías de cogeneración, podrán permitir en un futuro próximo el desarrollo de combustibles de segunda generación para los diferentes tipos de transporte que se usan en Colombia.

Dentro de los lineamientos emitidos por el Ministerio de Minas y Energía, los aspectos que competen a la gestión energética son: aumentar las eficiencias en los procesos donde se consuman grandes cantidades de energía en calderas; transformar los métodos actuales de consumo de energía eléctrica para fuerza motriz hacia procesos limpios que generen un mínimo de contaminación; optimizar los procesos de combustión; incorporar las herramientas del SGIE enfocando los esfuerzos en el uso de tecnologías alternativas; y el uso de la cogeneración y autogeneración. Claramente, los últimos dos aspectos son vitales para llevar a cabo

³⁶ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. (Enero, 2015). Página Oficial UPME. Bogotá D.C., 2015. p. 108.

los proyectos de integración de la cogeneración en un SGIE. A través de estos documentos, se definen los recursos que se asignarán al desarrollo de las FNCE.

Ahora, respecto a los recursos financieros designados por el gobierno para el desarrollo de la cogeneración del país dentro del Plan Nacional de Desarrollo, “en el marco del memorando de entendimiento MME-UPME y ANDI y del Programa de Energía Limpia para Colombia, el monto estimado del portafolio de proyectos identificados con grandes industriales es superior a los 80 mil millones de pesos, de los cuales, el 62% corresponden a proyectos de cogeneración”³⁷. Nuevamente se hace evidente el próspero futuro que se augura para las compañías petroleras capaces de identificar los procesos a los cuales se les puede incorporar algún tipo de tecnología de cogeneración. Pues actualmente, como lo revela el Plan Energético Nacional, solo se están produciendo cerca de 268 MW de energía con cogeneración en todo el país

Figura 9. Crédito para inversión en proyectos con FNCE.

	CONPES-2705	SOLICITADAS
Prestamista:	Banco Mundial	Banco Mundial
Monto:	Hasta US\$11.1 millones	Hasta US\$11.1 millones
Plazo Total:	20 años	17 años
Período de Gracia:	5 años	5 años
Interés:	Variable Standard BIRF	Variable Standard BIRF.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. (Enero, 2015). Página Oficial UPME. Bogotá D.C., 2015. p. 108.

Por medio del CONPES 2772 el gobierno re financio el préstamo solicitado al Banco Mundial en el 2010. Como se evidencia en la figura 9, el valor del préstamo fue de 11.1 millones de dólares. La totalidad del dinero fue invertida en el desarrollo de nuevos proyectos donde se usarán FNCE como la cogeneración. En el 2015 el gobierno realiza una reevaluación del crédito y decide reducir los pagos a 17 años en vez de 20 como se había acordado desde un principio. La reducción del plazo fue llevada a cabo con el objetivo de poder solicitar más recursos para las mismas actividades en los próximos años.

Por otro lado, “La ley 1715 de 2014, en proceso de reglamentación, también contiene beneficios para impulsar el desarrollo de proyectos de gestión eficiente de la energía, FNCE, auto y cogeneración que pueden ser aplicados en la industria petrolera”³⁸. Esta ley, donde se regula la integración de las energías renovables no

³⁷ Ibid., p. 118.

³⁸ Ibid., p. 117.

convencionales al sistema energético nacional, proporciona grandes beneficios para los proyectos de cogeneración a través de las exigencias realizadas a diferentes organizaciones gubernamentales. A modo de resumen, las exigencias son las siguientes:

- El Ministerio de Medio Ambiente debe incorporar dentro de sus políticas ambientales, los principios y criterios ambientales de las energías alternativas como la cogeneración y la gestión eficiente de la energía que permitan obtener beneficios ambientales.
- Este ministerio también debe expedir los certificados de beneficios tributarios y ambientales a los cuales tendrán acceso las empresas que incorporen las energías alternativas a sus procesos y desarrollen sistemas de gestión de la energía.
- La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) debe establecer un ciclo de evaluación para proyectos de generación de energía eléctrica a partir de la cogeneración, para contribuir a garantizar un mínimo impacto ambiental y la rentabilidad de los proyectos.
- Las Corporaciones Autónomas Regionales deben apoyar el impulso de proyectos de cogeneración y uso de gestión eficiente de la energía en las actividades de su jurisdicción.

Otro documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social presentado en el 2016 fue el CONPES 3866. Dentro de éste se emite la Política Nacional de Desarrollo Productivo y se brindan los instrumentos para aumentar la productividad de la industria energética del país. Mediante la intervención de los mercados actuales, se logrará la inclusión de nuevos negocios en diferentes mercados de energías renovables.

Sin embargo, no todo ha sido tan positivo en cuanto a los CONPES. Uno de los puntos clave en el desarrollo energético del país es la educación formal con la cual cuentan los profesionales de la industria. El gobierno nacional, a través del CONPES 3674, se comprometió a brindar todas las herramientas y las ayudas necesarias para impulsar la formación de nuevos trabajadores capacitados en el área productiva. Aun así, “la cultura de la innovación propuesta en el PND para la educación superior no tiene mecanismos claros de operación en el sistema productivo del país, inclusive en la industria petrolera”³⁹.

³⁹ Ibid.,p. 151.

2.5 MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN COLOMBIA

2.5.1 Conceptualización del modelo colombiano. Como se explica en el Ideario Energético para el 2050⁴⁰, el primer paso dado hacia la planeación energética en Colombia se dio por los años 80. Por esa época, el gobierno colombiano decidió conformar un comité investigativo de profesionales que fueran capaces de formular las políticas energéticas que regirían el país a largo plazo. Para ese entonces, la gestión de los recursos energéticos no se había desarrollado en ninguna parte del país de forma adecuada, por lo cual se debió iniciar con la explicación de términos claves dentro de esta. Aunque la fase de planeación se pactó hasta el 2000, la compleja integración de todos los aspectos obligó al comité a evaluar las políticas de forma separada para cada subsector. El resultado de esos años de esfuerzo se vio resumido en un documento llamado “Estudio Nacional de Energía”.

Luego de 10 años de esfuerzos por parte del gobierno, se logra crear la Comisión Nacional de Energía (CNE) como el único ente capaz de darle un vuelco al panorama energético en Colombia. Esta comisión realizó una serie de estudios y planteo diversas herramientas para el manejo de la energía en el país que fueron recopilados por la UPME para la emisión del primer Plan Energético Nacional en el año de 1994. Este plan duraría cerca de 14 años y permitiría al Banco Mundial financiar diferentes créditos para infraestructura. Un ejemplo claro del avance logrado a partir de estos esfuerzos es el Plan de Masificación del Gas que se llevó a cabo en el departamento de la Guajira.

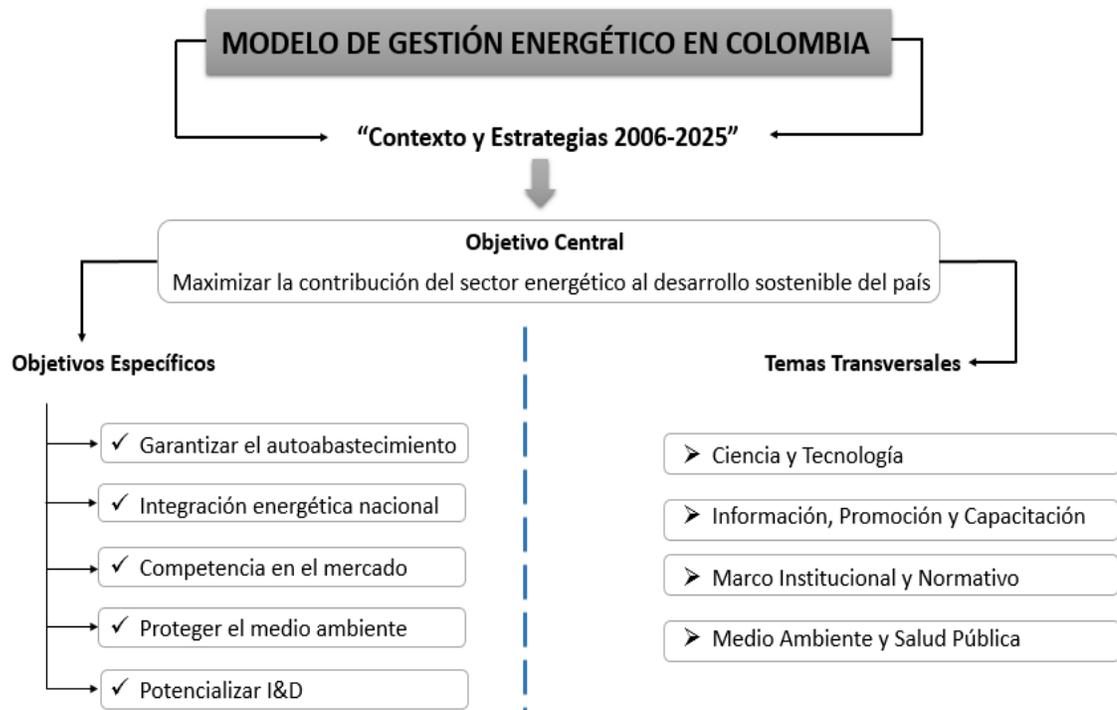
El segundo plan publicado por el gobierno fue llamado “Autosuficiencia Energética Sostenible”. De forma positiva para la industria, este plan continuo por los mismos caminos del anterior, pero se actualizó para generar una mayor competitividad en cada subsector. Dentro de los aspectos a destacar dentro de este, está el uso del gas vehicular para los parques automotores de las principales ciudades. Además, se planteó la necesidad de diversificar el negocio de los hidrocarburos para incrementar la producción y aumentar las reservas. De manera más general, este plan se enfocaba en la gestión eficiente de la demanda de y uso racional de la energía, contar con un abastecimiento confiable, proteger la calidad ambiental, promover la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y modernizar la industria nacional.

Seguido a esto, se emitió el plan “Estrategia Energética Integral, visión 2003-2030”. El enfoque dado por la UPME para este periodo fue la incursión de la industria colombiana a todos los mercados energéticos existentes en esa época. Claro está, la viabilidad económica de cada uno era un factor que se analizaba con detenimiento previo a cualquier decisión. De la misma manera, ya empezaba a hacerse presente el miedo por perder la autosuficiencia energética, razón por la cual dentro de este plan se priorizo, también, la búsqueda de mecanismos que

⁴⁰ Ibid.,p. 180.

permitieran ampliar el espectro de fuentes de energía duraderas. Seguramente, el evento más importante dentro de este programa fue la desvinculación total de Ecopetrol de las fases de planeación y su concentración únicamente en labores de upstream. Adicional a esto, la empresa más grande del sector de los hidrocarburos en Colombia empezaría su privatización y daría lugar a la creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Figura 10. Objetivos y aspectos más importantes del Modelo Energético Colombiano.



Fuente. Autor.

Por último, se publicó el modelo energético que rige hoy en día: "Contexto y Estrategias 2006-2025". Como se logra ver en la figura 10, donde se presentan los objetivos y sus aspectos más relevantes, este plan continúa con los lineamientos de los anteriores para asegurar que todas las políticas establecidas hasta el momento encaminen todos los esfuerzos hacia un mismo lugar. Sin embargo, es acá donde se hace el mayor énfasis en la necesidad de trabajar por el abastecimiento total del país. Esto significa unificar esfuerzos para encontrar la manera de alargar el momento en el que Colombia deje de ser autosuficiente en materia de combustibles.

Este Modelo Energético actual pretende "explotar el potencial del país como exportador de energía, a partir de cadenas locales de valor agregado y garantizar a su vez el abastecimiento energético nacional en el corto, mediano y largo plazo, con criterios de calidad, seguridad, confiabilidad, competitividad y viabilidad. Todo lo anterior bajo el marco del desarrollo sostenible considerando dimensiones

económicas, tecnológicas, ambientales, sociales y políticas”⁴¹. De esta forma se logra observar como el gobierno colombiano lleva más de 2 décadas invirtiendo recursos y brindando las herramientas necesarias para ofrecer seguridad energética a lo largo de todo el país. La incursión de nuevas tecnologías y el cuidado del medio ambiente son pilares fundamentales dentro del nuevo plan energético colombiano, y el panorama para las energías alternativas en el país es alentador. Para finalizar esta conceptualización. A continuación, se presenta el cuadro 3 con los aspectos claves del Modelo Energético Nacional.

Cuadro 3. Aspectos claves del Modelo Energético Nacional.

Aspecto general	Aspectos específicos
Seguridad del suministro de combustibles y diversificación de la canasta	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Confiabilidad y calidad del servicio ➤ Cubrimiento de la demanda ➤ Acceso a nuevos mercado y uso de energías alternativas
Asequibilidad al servicio y equidad social	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Universalización del servicio ➤ Costos de la energía y capacidad de pago ➤ Acceso a combustibles por un largo plazo
Impactos de obras de infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mitigación de impactos ambientales y de efectos negativos del cambio del clima: Eficiencia energética, Energías renovables, Bajas emisiones de CO2, reducción de vulnerabilidad ➤ Generación de valor en obras de infraestructura y reducción de efectos negativos sobre las comunidades

Fuente. Autor.

⁴¹ Ibid.,p. 183.

3. COGENERACIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE EN COLOMBIA

3.1 FRONTERA ENERGY COMO EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN

Como se expone en la página oficial de la ISO, más de 250 compañías petroleras que cuentan con un sistema integrado de gestión de la energía. Es de esperarse que la gran mayoría de empresas petroleras cuenten con estas herramientas pues todos sus nichos de trabajo giran alrededor del consumo y producción de energía. Sin embargo, la gran mayoría de estas organizaciones no cuentan con ningún tipo de certificación que valide su eficiencia energética. Únicamente el 30% de estas presentan la certificación oficial de la ISO 50001 como herramienta base para la ejecución de sus SGIE's.

Lastimosamente para Colombia el panorama no es muy alentador. Si bien existen más de 10 compañías certificadas con esta norma internacional, la única empresa que trabaja en el sector de hidrocarburos y está certificada es Frontera Energy. Como se explica Frontera Energy⁴² en su informe anual de sostenibilidad para el año 2016, esta enorme organización internacional es una compañía pública canadiense líder en exploración y producción de combustibles líquidos y gaseosos para la industria pesada. Actualmente están enfocando sus operaciones en Latinoamérica, haciendo énfasis en el desarrollo industria en Colombia y Perú. Su extensión operativa en el noroccidente del continente americano asciende a los 30 bloques. Dentro de sus estrategias de negocio se encuentra el crecimiento sostenible de la producción y el descubrimiento constante de nuevas reservas comprobadas. Así mismo, recientemente ha volcado sus operaciones hacia el desarrollo responsable social y medioambientalmente.

Para finales del año 2017, Frontera Energy había logrado disminuir significativamente el consumo de energía dentro de sus procesos convencionales. Con la implementación del SIGE y la norma ISO 50001, la organización logró abastecer una parte de sus campos con energía producida por paneles solares, lo cual se tradujo en una disminución de 2,7 MWh en el año. Así mismo, la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero se vio reducida en un número de 25.900 Ton CO_{2eq}. De esta manera, la multinacional canadiense culminó el ciclo de planeación energética e inició su proceso de implementación de los estándares de la norma. En la figura 11 se presentan los datos de consumo y generación de energía eléctrica por Frontera Energy en Colombia.

⁴² FRONTERA ENERGY CORPORATION. Op. cit., p. 6.

Figura 11. Datos de consumo y generación de energía eléctrica por Frontera Energy en Colombia.



GRI G4 EN4 Energía y Emisiones

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MWh			
Año	SEDE ADMINISTRATIVA BOGOTÁ	ENERGÍA ADQUIRIDA EXTERNAMENTE A LOS CAMPOS OPERATIVOS	ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA EN CAMPOS OPERATIVOS
2016	4.457	542.518	1.021.296

Procedencia de la energía adquirida externamente:
a. Campos: Emp. Energía de Cundinamarca / Electricaribe / Enertolima / Petroeléctrica de los Llanos
b. Oficinas administrativas: Vatia / Codensa

GRI G4 EN5 Intensidad Energética Emisiones

INTENSIDAD ENERGÉTICA				OBSERVACIONES
Año	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (MWh)	PRODUCCIÓN (BPE)	INTENSIDAD (MWh/BPE)	
2016	1.568.271	62.782.648	0,02	El indicador fue calculado a partir del consumo de energía eléctrica demandada por los campos interna y externamente, incluyendo sede administrativa.

Fuente. FRONTERA ENERGY CORPORATION. Avanzar es el Camino: Informe de Sostenibilidad 2016. En: Página Oficial de Frontera Energy Latinoamérica, 2017. p 45.

El mayor consumo de combustibles para la producción de energía eléctrica fue para el crudo y el fuel oil. Los consumos están cerca de los 31 y 21 millones de galones anuales respectivamente. Estas dos materias primas son las principales fuentes para la implementación de las tecnologías de cogeneración aptas para la industria petrolera. La segunda fuente predominante en la cogeneración es gas, cuyos valores de consumo fueron cercanos a los 125 mil galones en el año. Por el otro lado, en cuanto a la cantidad de energía eléctrica producida a partir de los combustibles usados, se obtuvieron los siguientes datos: 4.457 MWh para las oficinas administrativas en Bogotá y 1'021.296 MWh en los campos petroleros colombianos. Aun así, cerca de 543 mil MWh fueron adquiridos desde la red nacional, mostrando el largo camino que tiene la empresa para reducir al máximo sus gastos energéticos.

Además, en los datos del reporte las medidas tomadas para certificar la compañía con la ISO 50001 están dando los frutos esperados y permitieron a la compañía alcanzar metas de reducción de gastos energéticos. La gran ventaja obtenida con estos resultados se refleja en las finanzas de la compañía, pues el ahorro de dinero

invertido para llevar a cabo los procesos convencionales logra alcanzar varios millones de dólares. Finalmente, estos datos reflejan el enorme potencial que presenta esta compañía si decide incorporar nuevos métodos de producción de energía. Dentro de los requisitos de la norma está el mejoramiento continuo de cada aspecto que presente una oportunidad de mejora. La cogeneración, como herramienta para afrontar diferentes retos en temas energéticos, posiblemente pueda presentar una enorme acogida como se menciona en el informe: “Frontera tiene un gran reto en 2018, ya que cambiamos nuestro enfoque y re direccionamos nuestros recursos hacia una producción sostenible, a través de la inversión en investigación y desarrollo de nuevas formas de producir nuestros productos. Nuestro objetivo es continuar innovando para mejorar nuestros márgenes y generar mayores ganancias sobre el capital invertido a través de nuevos nichos de mercado”⁴³.

3.2 AJUSTES DEL SGIE PARA UNA COMPAÑÍA PETROLERA

Cualquier organización que desee implementar un SGIE basado en la norma ISO 50001, debe cumplir con todos los requisitos que esta exige. Como se ha venido explicando en este trabajo, la norma exige diferentes pautas en todos los aspectos de la organización. Debido a esto, es importante hacer una revisión detallada de los requisitos mínimos que se ven afectados al momento de considerar la implementación de tecnologías de cogeneración dentro de cualquier SGIE. A continuación, en el cuadro 4 se presentan los requisitos de la norma que se deben tener en cuenta en este proceso.

Cuadro 4. Requisitos de la ISO 50001 asociados con la cogeneración.

Requisito de la norma	Descripción
4.1 numeral c)	Determinar cómo cumplirá los requisitos de esta Norma Internacional con el fin de lograr una mejora continua de su desempeño energético y de su SGIE
4.2.1 numeral c)	La alta dirección debe suministrar los recursos ^(*) necesarios para establecer, mantener y mejorar el SGIE y el desempeño energético resultante
4.2.1 numeral h)	La alta dirección debe considerar el desempeño energético en una planeación a largo plazo
4.2.2 numeral g)	El representante de la dirección debe determinar los criterios y métodos necesarios para asegurar que tanto la operación como el control del SGIE sean eficaces

⁴³ Ibid., p. 5.

(*) Los recursos incluyen recursos humanos, competencias especializadas, y recursos tecnológicos y financieros.

Cuadro 4. (Continuación)

Requisito de la norma	Descripción
4.3 numeral b)	La alta dirección debe asegurar que su política de calidad cuente con un compromiso de mejora continua del desempeño energético de cada proceso
4.3 numeral f)	Dentro de la política energética se debe apoyar la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes y el diseño para mejorar el desempeño energético
4.4.3 numeral a)	La organización debe analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos como la identificación de fuentes actuales
4.4.3 numeral c)	La organización debe identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético como fuentes potenciales de energía, la utilización de energía renovable u otras fuentes de energías alternativas tales como la energía desperdiciada
4.4.4	La organización debe realizar ajustes a las líneas bases cuando se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operación o sistemas de energía
4.5.2 numeral c)	La organización debe asegurar de que cualquier persona que realice tareas para ella o en su nombre, sea competente tomando como base una educación, formación, habilidades o experiencia adecuada. Además, la organización debe identificar la necesidad de contar con personal con formación en el uso de la energía y que entienda los beneficios de la mejora del desempeño energético
4.5.5 numeral a)	La organización debe establecer y fijar los criterios para la eficaz operación y mantenimiento de los usos significativos de la energía. Cuando su ausencia pueda llevar a desviaciones significativas de un eficaz desempeño energético
4.5.5 numeral c)	La organización debe garantizar la comunicación apropiada cuando se compren equipos nuevos que influyan en el desempeño energético
4.5.6	La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos que pueden tener un impacto significativo en su desempeño energético.
4.5.7	Al adquirir servicios de energía, productos y equipos que tengan, o puedan tener, un impacto en el uso significativo de la energía, la organización debe informar a los proveedores que las compras serán en parte evaluadas sobre la base del desempeño energético.
4.6.1	La organización debe realizar evaluaciones del consumo energético real contra el esperado cuando incluya tecnologías que afecten el sistema
4.7.2	La alta dirección debe tener como información mínima requería las recomendaciones para la mejora del desempeño energético

Fuente. Autor.

Cada numeral mencionado anteriormente está relacionado con el proceso de implementación de la cogeneración de forma directa o indirecta, y debe ser considerado con el fin de no incurrir en el incumplimiento este. Aquellos que se relacionan de forma indirecta no se verán afectados negativamente si se pasan por alto dentro del proceso de integración de estas tecnologías. Por el otro lado, los requisitos directamente ligados sí comprometen el funcionamiento y la recertificación del sistema en caso de no tenerse en cuenta.

Del total de requisitos hallados, únicamente son 5 a los cuales se les debe dar prioridad y tener un cuidadoso manejo de los procesos para no caer en no conformidades con la norma: 4.3 numeral f), 4.4.3 numeral c), 4.4.4, 4.5.2 numeral c) y 4.5.6.

Para identificar los pasos necesarios para llevar a cabo la implementación de forma más sencilla, se explicarán los requisitos necesarios siguiendo el ciclo PHVA bajo el cual se rige la norma. Con esto, el primer paso se encuentra en la redacción de la política energética. Como lo pide el requisito 4.3 en su numeral f, dentro de la política que modelará el camino hacia los objetivos propuestos, se debe informar de forma explícita el apoyo a la adquisición de equipos y diseños que permitan un aumento en el desempeño energético de la organización. Claramente, como se ha explicado en los subcapítulos anteriores, la cogeneración cumple con estos requisitos necesarios para ser catalogada como una tecnología innovadora que potencializa los procesos donde se consumen altas cantidades de energía.

Seguido a esto, una vez se haya tomado la decisión de implementar cualquier tipo de tecnología de cogeneración, la organización debe realizar los ajustes necesarios a las líneas bases para poder obtener resultados confiables en la siguiente revisión por la dirección. La metodología aplicada para el reajuste, junto con los equipos utilizados deben garantizar una medición confiable y poder repetir los resultados en las mismas condiciones. De esta forma se asegura la veracidad de los resultados. Tras realizar el reajuste se podrá reevaluar cada objetivo dentro del sistema.

De forma paralela, el personal encargado de la selección y contratación de nuevo personal, así como de la capacitación del personal antiguo, debe asegurarse de que todos los trabajadores de la empresa que vayan a realizar trabajos relacionados con la cogeneración sean competentes. Los criterios usados para definir si la persona es apta o no para llevar a cabo las actividades asociadas con el cargo se basan en la educación, experiencia, formación y habilidad. Como se expresa en el requisito 4.5.2 numeral c) de la norma, si la organización quiere garantizar el éxito del nuevo proyecto, deberá asegurar el cumplimiento de los aspectos anteriormente mencionados.

Por último, una vez realizada con éxito la implementación de la cogeneración dentro del SGIE, la organización se debe esforzar al máximo por cumplir con el último eslabón del ciclo: la mejora continua. Para poder lograr este objetivo, se deben

considerar todas las oportunidades de mejora que se presenten a lo largo de las diferentes etapas de la implementación. Además, se recomienda realizar reuniones y facilitar herramientas donde se puedan generar diferentes propuestas de mejora en cualquier aspecto del proceso. Es importante tener en cuenta que las mejoras propuestas, sin importar la fuente ni la incidencia dentro del sistema, deberán ser atendidas sin excusas, pues es así como se lograra cumplir con los requisitos 4.4.3 y 4.5.6.

4. ESTRATEGIAS PARA EL USO DE LA COGENERACIÓN EN UN SGIE

4.1 ANÁLISIS FODA

4.1.1 Procedimiento de análisis. Luego de la revisión del estudio de caso de la compañía petrolera Frontera Energy donde se concluyó necesario la implementación de nuevas tecnologías que fueran amigables con el medioambiente dentro de sus nuevos proyectos en Colombia, se procederá, en primer lugar, a identificar las ventajas y desventajas del uso de la cogeneración dentro de los procesos llevados a cabo por la industria petrolera. Esto como respuesta a los nuevos retos que se presentan, ya que hoy en día Frontera Energy pretende continuar con su plan de desarrollo sostenible ampliando su portafolio hacia nuevos nichos de mercado más verdes que garanticen la competitividad de la compañía a futuro.

Una vez identificadas todas las ventajas y desventajas de la cogeneración, se llevará a cabo un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) donde se relacionarán las debilidades con las oportunidades y las fortalezas con las amenazas para así lograr definir las ventajas y desventajas de la implementación de la cogeneración dentro de un SGIE.

Ahora bien, la definición exacta de este procedimiento se da a continuación. “El Análisis FODA o Matriz FODA es una metodología de estudio de la situación de una organización o empresa en su contexto y de las características internas (situación interna) de la misma, a efectos de determinar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas”⁴⁴. Además, más puntualmente, todos los aspectos internos de la organización se dictan por las fortalezas y debilidades, mientras que los aspectos externos vienen dados por las oportunidades y las amenazas. El uso de esta herramienta se debe a la sencillez con la cual se puede determinar de forma rápida la situación real de la organización en un momento dado.

Para lograr un mejor entendimiento de su funcionamiento y posteriormente reducir las dificultades en su realización, es conveniente primero explicar las cuatro variables fundamentales. 1) Las fortalezas son aquellas cosas en las cuales la organización tiene desempeños elevados y mantiene bajo su control como: costos bajos, imagen de la marca reconocida, activos físicos valiosos. 2) Las oportunidades corresponden a circunstancias que brinda el entorno donde la organización puede obtener un gran provecho para cumplir con los objetivos planteados en las estrategias. 3) Las debilidades, al contrario de las fortalezas, son los puntos en donde la organización no ha logrado obtener un desempeño adecuado y significan una desventaja, pues dificultan el alcance de los objetivos. Y 4) Las amenazas, al igual que todos los factores anteriores, tienen que ver con el cumplimiento de los

⁴⁴ BALLESTEROS, Haydée, *et al.* Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). *En*: Revista Uruguaya de Administración. Noviembre, 2010. vol 5, no. 2, p. 10.

objetivos, y son todos aquellos factores adversos del entorno que puedan llegar a poner en peligro el camino emprendido hacia dichas metas como: inflación, productos más baratos por parte de la competencia, impuestos, entre otros.

Ahora, para el desarrollo del análisis FODA en este trabajo, se usará el procedimiento descrito por el investigador Ramírez⁴⁵. Este procedimiento, al igual que la mayoría de los análisis FODA que se usan alrededor del mundo, cuenta con los siguientes pasos: 1) determinar las fortalezas internas claves, 2) listar las debilidades internas decisivas, 3) identificar las oportunidades externas importantes, 4) listar las amenazas externas claves, y 5) comparar los cuatro numerales anteriores uno con otro y así determinar las estrategias FO, DO, FA y DA.

Mediante este análisis se lograrán identificar las distintas estrategias empresariales que pueden tomar las compañías petroleras que busquen incorporar nuevos modelos de producción más eficientes. Además, los resultados obtenidos de la matriz FODA concluirán la viabilidad de la implementación de tecnologías de cogeneración en la industria petrolera del país.

4.1.2 Recopilación de ventajas y desventajas. Previo a la realización del análisis FODA, es importante identificar las ventajas y desventajas que presentan las tecnologías de cogeneración al momento de aplicarse dentro de los sistemas de gestión integrados de la energía. Mediante esta recopilación se logrará encontrar con mayor facilidad los puntos clave que se deben analizar al momento de decidir la viabilidad de dicha implementación. Los beneficios y los contras que presentan la cogeneración son recogidas del trabajo realizado por el doctor Gil García⁴⁶ como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Ventajas y desventajas de la cogeneración.

Categoría	Ventajas	Desventajas
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del consumo eficiente de la energía mediante la optimización de su uso. • Impulso de la eficiencia energética dentro de toda la organización. • Optimización de los procesos que consumen o generan energía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunas tecnologías poseen especificaciones técnicas complejas. • Si el proceso no cuenta con las especificaciones exactas, pueden existir pérdidas energéticas.

Cuadro 5. (Continuación)

Categoría	Ventajas	Desventajas
-----------	----------	-------------

⁴⁵ RAMÍREZ ROJAS, José Luis. Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica de las empresas. En: Ciencia Administrativa. Junio, 2009. vol 2, p 56.

⁴⁶ GIL GARCÍA. Op. cit., p. 451.

Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Estimulo del uso de energías alternativas y amigables con el medioambiente. • Disminución de los impactos ambientales generados por la organización. • Uso adecuado de los recursos naturales. • Asegurar la existencia de recursos naturales en el futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> • La instalación de estas tecnologías implican un impacto ambiental inicial.
Sociales	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de empleo durante la fase de implementación. • Disminución de los costos de venta de energía a la población cercana. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usualmente las personas son reacias en implementar cambios grandes. • Es difícil encontrar personal capacitado para manejar estas tecnologías en los sectores donde se aplicaría.
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción significativa de la dependencia de suministro energético exterior. • Fuerte disminución del riesgo producido por las variaciones de los precios de los recursos energéticos. • Reducción de los costos operativos. • Aumento de las ganancias debido al menor costo que tiene producir el mismo producto o servicio. • Permite el ingreso a mercados verdes. • Disminución de impuestos por incentivos del gobierno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependiendo del sector pueden existir tarifas muy bajas que no generen grandes ganancias al vender la energía a la red nacional. • Ciertas tecnologías nuevas requieren de personal muy capacitado que eleva los costos de recursos humanos. • Algunos equipos para las tecnologías nuevas aún se comercializan a precios elevados.
Imagen	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la imagen de la organización frente a la disminución de los impactos producidos por el cambio climático. • Genera imagen de compromiso frente al desarrollo de procesos sostenibles. • Mejora en la competitividad de la organización. • Permite el acceso de la organización a mercados verdes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los impactos ambientales en la etapa de instalación pueden promover una mala imagen de la compañía. • La elevada capacitación que se requiere en el personal para el diseño de los procesos con las nuevas tecnologías puede percibirse como falta de iniciativa para contratar.

Fuente. Autor.

4.1.3 Elaboración de la matriz FODA. Una vez definida la forma como se trabaja el análisis FODA, se procede a construir la matriz de fortalezas y debilidades,

amenazas y oportunidades. Para la integración de las tecnologías de cogeneración dentro de un SGIE se analizaron las ventajas y desventajas expuestas en el subcapítulo anterior. Si bien se habían recopilado un gran número de ambas, se encontraron los factores comunes que permitían agruparlas en un conjunto mayor y así facilitar la elaboración de las estrategias a plantear.

Las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que se registraron en la tabla de matriz FODA son consideradas por el autor como las más relevantes dentro del contexto energético que presenta Colombia hoy en día. Dentro de estas destacan la gran disminución de los costos operativos por el ahorro energético que brinda la cogeneración y los incentivos económicos que presenta el gobierno frente a los procesos que implementen energías renovables y promuevan el desarrollo de mercados verdes. En contraste, se presentan factores como la elevada inversión inicial que se requiere para instalar adecuadamente las tecnologías de cogeneración y el difícil acceso a las tecnologías de vanguardia por falta de comercialización dentro del país. A continuación se presenta el cuadro 6 con la matriz FODA.

Cuadro 6. Matriz FODA de la cogeneración dentro de un SGIE.

<p>Factores Internos</p> <p>Factores Externos</p>	<p>Lista de Fortalezas:</p> <p>F1. Alta competitividad por costos los operativos más bajos frente a los procesos convencionales.</p> <p>F2. La cogeneración es considerada una fuente de energía renovable.</p> <p>F3. Generación mínima de gases de efecto invernadero.</p>	<p>Lista de Debilidades:</p> <p>D1. Algunas tecnologías poseen especificaciones técnicas complejas.</p> <p>D2. Los escenarios de aplicación se limitan a muy pocas industrias.</p> <p>D3. La inversión inicial es elevada.</p>
<p>Lista de Oportunidades:</p> <p>O1. Reducción en los impuestos por uso de energías renovables.</p> <p>O2. Acceso a nuevos nichos de mercado (mercados verdes).</p> <p>O3. Futuro prometedor por la escases de fuentes convencionales de producción de energía basadas en combustibles fósiles.</p>	<p>ESTRATEGIAS FO</p>	<p>ESTRATEGIAS DO</p>
<p>Lista de Amenazas:</p> <p>A1. Falta de incentivo por parte del gobierno debido a la promoción de energía eólica o solar.</p> <p>A2. Las tecnologías de cogeneración de vanguardia aún están distantes de llegar al país.</p> <p>A3. Elevado índice de delincuencia que pone en peligro la integridad de las instalaciones.</p>	<p>ESTRATEGIAS FA</p>	<p>ESTRATEGIA DA</p>

Fuente. Autor.

4.2 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS

4.2.1 Descripción de las estrategias. Como se muestra en el cuadro 7, las cuatro estrategias que surgen de la elaboración de la matriz DOFA (Estrategias FO, DO, FA y DA), surge del cruce de los factores internos (debilidades y fortalezas) con los factores externos (amenazas y oportunidades) de la aplicación de un SGIE para el caso colombiano. Las estrategias que se proponen, según la información recopilada en este trabajo, se muestran en la tabla siguiente y se comentan en los siguientes apartados.

Cuadro 7. Consolidado de estrategias.

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
OPORTUNIDADES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promover el desarrollo de proyectos donde se puedan implementar las tecnologías de cogeneración, documentando detalladamente los nuevos procesos para lograr acceder a los beneficios tributarios que otorga la ley. 2. Comercializar la imagen de la organización basada en el uso de energías renovables para así lograr ampliar los nichos de mercado y aumentar la competitividad de la compañía 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los procesos donde la inversión inicial sea rápidamente recuperada a través de la reducción de impuestos y el aumento de ganancias por la diversificación de los productos que ofrece la compañía 2. Potencializar la investigación de posibles proyectos a futuro con el fin de preparar la organización para cuando el uso de energías renovables en el país haya tomado mayor fuerza y las tecnologías de vanguardia lleguen a un menor precio y sean más fáciles de adquirir
AMENAZAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar el proceso de implementación de la cogeneración en los SGIE en zonas donde la inseguridad no sea un común denominador, de esta forma se incrementarán los ingresos de la organización y la posicionará en el mercado con una mejora en su competitividad. 2. Conformar asociaciones empresariales donde se promueva el uso de energías renovables diferentes a la eólica y la solar para así lograr demostrar los elevados beneficios que se obtienen y poder garantizar un futuro prometedor con la ayuda del gobierno 	<ol style="list-style-type: none"> 1. la organización debe potenciar el desarrollo de las estrategias anteriormente mencionadas para así lograr contrarrestar de la manera más eficiente posible los efectos negativos que tenga la elevada delincuencia, el difícil acceso a las nuevas tecnologías de cogeneración y el elevado costo de inversión inicial

Fuente. Autor.

4.2.1.1 Estrategias FO. En la primera categoría de estrategias a desarrollar se relacionan las fortalezas de la organización frente a las oportunidades encontradas en el exterior. A ésta se le puede ver como una estrategia ofensiva ya que pone en juego los aspectos internos fuertes con los eventos que pudieran llegar a ser favorables. Sin duda alguna, el aspecto más fuerte de la cogeneración es la reducción de los costos operativos frente a cualquier proceso convencional. Lo anterior, sumado al hecho de que la cogeneración es considerada como una energía alternativa en Colombia por sus emisiones de gases de efecto invernadero casi nulas, fueron las fortalezas tomadas para potenciar con la disminución de impuestos, acceso a nuevos mercados verdes y el prometedor futuro que se augura para las energías limpias en el país.

De esta forma, para el autor, las mejores estrategias FO que se podrían implementar en la organización son: 1) Promover el desarrollo de proyectos donde se puedan implementar las tecnologías de cogeneración, documentando detalladamente los nuevos procesos para lograr acceder a los beneficios tributarios que otorga la ley; y 2) Comercializar la imagen de la organización basada en el uso de energías

renovables para así lograr ampliar los nichos de mercado y aumentar la competitividad de la compañía.

4.2.1.2 Estrategias DO. A las estrategias DO se les consideran estrategias de reorientación y van enfocadas en las oportunidades que se le presentan a las compañías, pero para las cuales aún no están preparadas técnica o económicamente. Para lograr invertir este panorama negativo la organización debe reevaluar las estrategias actuales y reorientarlas con base en sus puntos débiles y las oportunidades que se puedan presentar en el exterior.

Con base en lo anterior, la elevada complejidad técnica de algunas tecnologías de cogeneración que aumenta considerablemente la inversión inicial de los proyectos, junto con el limitado número de industrias a las cuales se les puede adecuar este conjunto de técnicas, hacen que las mejores estrategias generadas al involucrar las oportunidades sean: 1) Identificar los procesos donde la inversión inicial sea rápidamente recuperada a través de la reducción de impuestos y el aumento de ganancias por la diversificación de los productos que ofrece la compañía; y 2) Potencializar la investigación de posibles proyectos a futuro con el fin de preparar la organización para cuando el uso de energías renovables en el país haya tomado mayor fuerza y las tecnologías de vanguardia lleguen a un menor precio y sean más fáciles de adquirir.

4.2.1.3 Estrategias FA. En el tercer tipo de estrategias se encuentran las estrategias destinadas a la defensa de la organización frente a los aspectos que posiblemente generan más riesgos para el futuro de la misma. Con estas estrategias, la organización busca estar preparada para enfrentar las amenazas que se presentan en el cambiante negocio de la energía. En temas de desarrollo, el enfoque actual que está dando el gobierno colombiano por el aprovechamiento de la energía eólica y solar, puede poner en riesgo los proyectos de inversión en otros tipos de energías renovables como la cogeneración. Además, la elevada inseguridad que se presenta en las zonas más alejadas de las grandes ciudades y donde se encuentran las mejores posibilidades para implementar la cogeneración, requiere enfocarse fuertemente en las estrategias FA.

Según el panorama actual de desarrollo de energías renovables en el país, las mejores estrategias FA son: 1) Iniciar el proceso de implementación de la cogeneración en los SGIE en zonas donde la inseguridad no sea un común denominador, de esta forma se incrementarán los ingresos de la organización y la posicionará en el mercado con una mejora en su competitividad; y 2) Conformar asociaciones empresariales donde se promueva el uso de energías renovables diferentes a la eólica y la solar para así lograr demostrar los elevados beneficios que se obtienen y poder garantizar un futuro prometedor con la ayuda del gobierno.

4.2.1.4 Estrategias DA. Por último, está la estrategia de supervivencia donde se relacionan los puntos débiles de la compañía y los factores que posiblemente representen una seria amenaza para el desarrollo normal de las actividades en un futuro. Para este caso, la organización debe potenciar el desarrollo de las estrategias anteriormente mencionadas para así lograr contrarrestar de la manera más eficiente posible los efectos negativos que tenga la elevada delincuencia, el difícil acceso a las nuevas tecnologías de cogeneración y el elevado costo de inversión inicial.

4.2.2 Lineamientos de sostenibilidad. Una vez descritas las estrategias que se obtienen del análisis FODA 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 8 se procede a recopilar la información necesaria para que la estrategia pueda ser implementada.

Cuadro 8. Lineamientos de sostenibilidad para la implementación de la cogeneración en un SGIE.

Nombre de la estrategia	Principales actividades de la estrategia	Objetivo	Meta
Proyectos de cogeneración con elevada rentabilidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los procesos actuales con baja eficiencia energética 2. Estudiar a cuales de esos procesos se les pueden acoplar tecnologías de cogeneración 3. Realizar un estudio financiero a aquellos donde se pueda usar la cogeneración 4. Seleccionar aquellos proyectos donde la inversión inicial sea rápidamente recuperada 5. Capacitar el personal necesario para llevar a cabo las actividades por venir 6. Adquirir los equipos necesarios para el nuevo proceso 7. Llevar a cabo el proyecto 	Desarrollar proyectos de cogeneración con elevada rentabilidad	Desarrollo de proyectos de cogeneración con la rentabilidad necesaria para recuperar la inversión inicial en un plazo máximo de 3 años

Cuadro 8. (Continuación)

Nombre de la estrategia	Principales actividades de la estrategia	Objetivo	Meta
Programa de investigación y desarrollo de proyectos de cogeneración a futuro	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acordar la aprobación de la creación del nuevo departamento por parte de la alta dirección 2. Definir los objetivos del nuevo departamento 3. Realizar las estrategias para alcanzar esos objetivos 4. Definir los recursos necesarios para garantizar el cumplimiento de esos objetivos (recursos financieros, humanos, de tiempo, de infraestructura, entre otros) 5. Brindar, por parte de la alta dirección, los recursos definidos anteriormente 6. Poner en marcha el nuevo departamento 7. Hacer un seguimiento periódico al cumplimiento de los objetivos del departamento 	Crear un departamento de investigación y desarrollo de proyectos de cogeneración	Aumento de la eficiencia energética de la organización hasta el 80% a través del uso de tecnologías de cogeneración en nuevos proyectos
Proyectos de cogeneración en zonas donde la inseguridad no sea un común denominador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los proyectos en donde se pueda usar la cogeneración 2. Identificar cuáles de esos proyectos se encuentran en zonas con bajos niveles de inseguridad 3. Definir los recursos necesarios para garantizar el éxito de estos proyectos 4. Brindar los recursos definidos anteriormente 5. Llevar a cabo los proyectos 	Desarrollar proyectos de cogeneración en zonas donde la inseguridad no sea un común denominador	Desarrollo de proyectos de cogeneración con un máximo de 5% de costos asociados a inseguridad

Cuadro 8. (Continuación)

Nombre de la estrategia	Principales actividades de la estrategia	Objetivo	Meta
Asociaciones empresariales promotoras del uso de la cogeneración	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las industrias en donde sea viable el uso de la cogeneración 2. Identificar, dentro de esas industrias, las empresas con procesos donde se pueda usar la cogeneración 3. Realizar reunión con los representantes de las empresas que desean promover el desarrollo de la cogeneración 4. Acordar los objetivos de la asociación 5. Generar las estrategias para alcanzar esos objetivos 6. Crear la asociación 7. Realizar seguimientos periódicos del cumplimiento de los objetivos pactados como razón de ser de la asociación 	Crear una asociación empresarial promotora del uso de la cogeneración	Incremento del uso de la cogeneración en la industria nacional a través de la promoción realizada por la asociación empresarial

Fuente. Autor.

4.2.3 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 el cuadro 9 se consignan los indicadores necesarios para monitorear las estrategias consignadas en el cuadro 8.

Cuadro 9. Indicadores de monitoreo de las estrategias.

Nombre del indicador	Descripción	Unidad de medida	Fórmula	Tendencia	Periodicidad	Tipología	Meta
Aumento de la eficiencia energética	Hacer seguimiento a la eficiencia energética general de la compañía para aumentarla gradualmente	Porcentaje	$(\text{Eficiencia energética actual} / \text{Eficiencia energética pasada}) * 100$	Positiva	Semestral	Gestión	A convenir según las características de la organización

Reducción de costos operativos	Disminuir los costos operativos a través del uso de la cogeneración	Porcentaje	(Costos operativos actuales menos porcentaje de inflación / Costos operativos pasados) *100	Negativa	Anual	Eficiencia	A convenir según las características de la organización
--------------------------------	---	------------	---	----------	-------	------------	---

Fuente. Autor.

Cuadro 9. (Continuación)

Nombre del indicador	Descripción	Unidad de medida	Fórmula	Tendencia	Periodicidad	Tipología	Meta
Conversión de proyectos convencionales	Implementar la cogeneración en los procesos convencionales donde exista la posibilidad de hacerlo	Porcentaje	Proyectos transformados con cogeneración / Proyectos convencionales con posibilidad de uso de cogeneración) *100	Positiva	Anual	Gestión y eficiencia	A convenir según las características de la organización
Aumento del apoyo empresarial	Aumentar el apoyo para el uso de cogeneración en las diferentes industrias a través del ingreso de nuevas empresas a la asociación	Porcentaje	(Número de empresas asociadas actualmente / Número de empresas asociadas en el periodo pasado) *100	Positiva	Semestral	Eficacia	A convenir según las características de la organización
Aumento de procesos capaces de usar la cogeneración	Aumentar, a través del departamento de investigación y desarrollo, los procesos convencionales capaces de usar la cogeneración	Porcentaje	(Procesos capaces de usar cogeneración / Total de procesos en la organización) *100	Positiva	Anual	Gestión	A convenir según las características de la organización

Uso de la cogeneración en proyectos nuevos	Aumentar el uso de la cogeneración en los nuevos proyectos de la organización	Porcentaje	(Proyectos nuevos donde se va a usar la cogeneración / Total de proyectos nuevos) *100	Positiva	Anual	Eficacia	A convenir según las características de la organización
Competencia del personal	Asegurar que el personal que labora en la organización tenga las competencias necesarias para llevar a cabo sus actividades de manera eficiente	Porcentaje	Porcentaje de la evaluación de desempeño del personal operativo y administrativo	Positiva	Semestral	Gestión	A convenir según las características de la organización

Fuente. Autor.

5. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA COGENERACIÓN

Hasta el momento, durante los diferentes apartados de este trabajo, se ha venido hablando de forma separada de los beneficios energéticos que otorga la cogeneración en comparación con otros procesos convencionales de uso de la energía. Así como se han definido las estrategias que deberían tomarse para llevar a cabo la implementación de la cogeneración en un SGIE ya consolidado. Pues bien, es hora de integrar ambas partes y así cuantificar el verdadero beneficio que otorga esta integración. Con la información presentada a continuación, el lector podrá validar las razones por las cuales el uso de la cogeneración brinda grandes ventajas a cualquier SGIE, dentro de las industrias pertinentes.

Para las estrategias FO, donde se pretende obtener los beneficios tributarios otorgados por el gobierno para los proyectos que usen energías alternativas, y el ingreso a nuevos mercados verdes; la disminución en los impuestos que se deben pagar viene regida por la Ley 697 del 3 de octubre de 2001. Dentro de esta ley se deja claro que “El gobierno colombiano inicia el camino de conversión de su normativa nacional hacia una política de inclusión de las energías alternativas y otorga beneficios a aquellas personas jurídicas que incorporen procesos sostenibles de producción de energía”⁴⁷. Sumado a esto, a los proyectos en donde se evidencie el uso de tecnologías como la cogeneración se les brindara un camino fácil y rápido en temas de papeleo y trámites para recibir la aprobación por parte de las autoridades competentes y las licencias ambientales cuando corresponda.

Para el caso de las estrategias de reorientación (DO), se puede usar el mismo argumento anterior, pues la disminución en los pagos que se deben hacer por temas legales, compensa la elevada inversión que se requiere para comenzar cualquier proyecto de cogeneración. Por otro lado, atacar el riesgo por inseguridad y la incertidumbre de un futuro prometedor a través de la creación de asociaciones empresariales, va a permitir mantener el ahorro económico y los beneficios tributarios por más de 20 años. De esta manera, las organizaciones contarán con la certeza de mantenerse competitivas en un futuro próximo si le apuestan a este tipo de integraciones.

Todo lo anterior se encuentra enmarcado en el extraordinario aumento de la eficiencia energética que se puede llegar a obtener con la implementación de las tecnologías de cogeneración a los procesos convencionales de producción de energía. Como explica el doctor García⁴⁸, en los mejores escenarios, la eficiencia energética en los procesos convencionales no llega a superar el 35%. Por el contrario, si el diseño y la puesta en marcha de los equipos usados en la cogeneración se hacen de forma correcta, esta eficiencia puede llegar a alcanzar el

⁴⁷ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Op. cit., p. 1.

⁴⁸ GIL GARCÍA, Gregorio. Op. cit., p. 452.

90%. Este incremento del 55% puede significar millonarias ganancias para empresas grandes que demanden cantidades elevadas de energía para llevar a cabo sus procesos.

6. CONCLUSIONES

- Respecto al primer objetivo se concluye que se puede evidenciar el aumento porcentual en la eficiencia energética que brinda la cogeneración frente a los procesos convencionales. En el mejor de los casos, un proceso convencional que ha sido instalado bajo los mejores niveles de calidad y se ha controlado estrictamente, no llega a superar el 40% de eficiencia energética; en contra parte, la cogeneración, al aprovechar las pérdidas energéticas en forma de calor y disminuir las pérdidas por vibraciones y ruido a causa de su diseño, permite alcanzar una eficiencia del 90%. Este aumento tan significativo, dentro de una herramienta de gestión que gira en torno al consumo energético de una organización, brinda la oportunidad de potencializar el SGIE para que éste logre alcanzar sus objetivos globales.
- Seguida a la revisión bibliográfica, se tomó a la petrolera canadiense Frontera Energy como ejemplo para la identificación del caso exitoso de aplicación de la cogeneración en la industria nacional. Con la implementación del SGIE a su modelo de negocio logró abastecer una parte de sus campos con energía producida por paneles solares, lo cual se tradujo en una disminución de 2,7 MWh en el año. Así mismo, la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero se vio reducida en un número de 25.900 Ton CO_{2eq}. Fue así como la multinacional canadiense culminó el ciclo de planeación energética e inició su proceso de implementación de los estándares de la norma.
- Por último, en cuanto a los requisitos de la norma ISO 50001:2011 que se deben tener en cuenta al momento de realizar la integración de la cogeneración al sistema de gestión para no incurrir en no conformidades, se revisaron todos los requisitos de la norma y se concluyó que únicamente a 5 se les debe dar un manejo prioritario. Éstos son: 4.3 numeral f), 4.4.3 numeral c), 4.4.4, 4.5.2 numeral c) y 4.5.6. Como toda norma ISO, ésta también se modela bajo el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar). Es por eso que para asegurar que se cumplan estos requisitos se deberá seguir el ciclo. Únicamente de esa forma es como la organización no afectará su objetivo de mantener una mejora continua.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis FODA en donde se relacionen las ventajas y desventajas ambientales de la implementación de la cogeneración dentro de un Sistema de Gestión Integrado de la Energía en Colombia.
- En el momento en que las nuevas tecnologías de cogeneración sean económicamente viables, se puede rediseñar el análisis FODA realizado en el presente trabajo y así obtener mejores resultados en donde se obtengan aun más beneficios.
- Se recomienda hacer el estudio de integración de diferentes sistemas de gestión una vez se han incorporado las tecnologías de cogeneración al SGIE. Se podría mirar la manera de integrarlo con los sistemas que gestionan la calidad, la seguridad y salud ocupacional y el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ACOLTZI ACOITZI, Higinio y PÉREZ REBOLLEDO Hugo. ISO 50001, Gestión de Energía. En: Boletín IIE. Mayo, 2014. Vol., 114, no. 56, p. 157.

ALMUTAIRI, Abdulrahman, *et al.* Energetic and exergetic analysis of cogeneration power combined cycle and ME-TVC-MED water desalination plant: Part-1 operation and performance. En: Applied Thermal Engineering. Junio, 2016. vol. 103, p. 78.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. UNE-EN ISO 50001. Madrid: AENOR, 2011. p. 8.

ATĂNĂSOAE, Pavel. Determining the Operating Diagram for the Cogeneration Steam Turbines. En: Science Direct. Octubre, 2015. vol. 9, p. 797.

BALLESTEROS, Haydée, *et al.* Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). En: Revista Uruguaya de Administración. Noviembre, 2010. vol 5, no. 2, p. 10.

CAMPOS AVELLA, Juan Carlos, *et al.* Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la implementación. Bogotá D.C.: Dígitos& Diseños, 2008. p. 13. ISBN 978-958-8123-43-1.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1715. (13, mayo, 2014). Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2014. no. 49150. p. 1.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 697. (3, octubre, 2001). Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Registro Distrital. Bogotá D.C., 2001. no. 44573. 1 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1283 (3, agosto, 2016). Por la cual se establece el procedimiento 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 de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2016. p. 4.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 143 (10, marzo, 2016). Por la cual se modifica el artículo quinto y se adicionan artículos anexos a la Resolución UPME 0520 de octubre de 2007 por medio de la cual se establece el

Registro de Proyectos de Generación y se toman otras disposiciones. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2016. 2 p.

FRONTERA ENERGY CORPORATION. Avanzar es el Camino: Informe de Sostenibilidad 2016. *En*: Página Oficial de Frontera Energy Latinoamérica, 2017. 88 p.

GIL GARCÍA, Gregorio. Cogeneración. *En*: Energías del siglo XXI. De las energías fósiles a las alternativas. Madrid: Antonio Madrid Vicente, 2008. p. 451.

RAMÍREZ ROJAS, José Luis. Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica de las empresas. *En*: Ciencia Administrativa. Junio, 2009. vol 2, p 56.

ROJAS RODRIGUEZ, David Bernardo y PRÍAS CAICEDO, Omar. Herramientas *Lean* para apoyar la implementación de sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001. *En*: Energética. Diciembre, 2014. no. 44. p. 49.

ROSERO GARCIA, Javier; TELLEZ GUTIERREZ, Sandra y PRIAS CAICEDO, Omar. Implementación de sistema de gestión integral de energética (SGIE) en la industria petrolera. *En*: III Jornada de Automatización de la Industria Petrolera (3: 15-20 abril: Bogotá D.C.). Bogotá D.C.: Colciencias, 2015. p. 353.

ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS (ONU) Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Sitio Web]. Bogotá D.C.. CO. sec Objetivos. [Consultado 10, Octubre, 2018]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.

PÉREZ, Yuranni, *et al.* Evaluación De Procesos De Co-Generación Para El Aumento De La Eficiencia Energética En La Producción De Bioetanol Combustible En La Industria Azucarera Colombiana. *En*: CENTRO AZÚCAR. Abril, vol. 36, no. 2, p. 16.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. (Enero, 2015). Página Oficial UPME. Bogotá D.C., 2015. p. 108.