

IMPULSORES, RETOS Y ESTRATEGIAS PARA LA GENERACIÓN
DISTRIBUIDA EN GRANDES EMPRESAS DEL VALLE DEL CAUCA

DANIELA AGUDELO BERMÚDEZ
NATALY BOTERO CHITIVA

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
OCTUBRE 2014

IMPULSORES, RETOS Y ESTRATEGIAS PARA LA GENERACIÓN
DISTRIBUIDA EN GRANDES EMPRESAS DEL VALLE DEL CAUCA

DANIELA AGUDELO BERMÚDEZ
NATALY BOTERO CHITIVA

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Tutor de Proyecto de Grado:
KATHERINE ORTEGÓN M., Ph.D.

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
OCTUBRE 2014

TEXTO DE LA DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi madre, Amparo Agudelo Bermúdez, quien ha dedicado su vida a brindarme lo mejor de sí misma y se ha esforzado para permitirme culminar esta etapa de mi vida con el mayor apoyo y comprensión posibles. A Dios, que siempre me ha mostrado el camino correcto y me ha dado las oportunidades para alcanzar mis sueños y metas; y a mi familia, quienes siempre creyeron en mí y me dieron todo su amor y apoyo.

Daniela Agudelo Bermúdez

Dedico este proyecto a Dios, quien siempre me ha guiado y ha buscado brindarme las mejores oportunidades para alcanzar mis metas, él es quien me da la fuerza para continuar y no desfallecer. A mis padres, quienes siempre me han brindado su apoyo, amor, comprensión y siempre han luchado y deseado lo mejor para mí.

Nataly Botero Chitiva

TEXTO DE AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios por guiarme en este camino, permitiéndome afrontar los obstáculos más difíciles y por darme las capacidades para culminar este proyecto satisfactoriamente. A mi tutora, Katherine Ortegón Mosquera, por su excelente guía en la realización de este proyecto, su apoyo y enseñanza para mi vida profesional. A mi familia, por siempre estar en los momentos más difíciles y por su gran apoyo y amor.

Daniela Agudelo Bermúdez

Quiero agradecerle a Dios, por ser tan maravilloso y misericordioso conmigo, por su infinito amor y respaldar cada paso que doy. A mi tutora, Katherine Ortegón Mosquera, ante todo, por aceptar el reto de dirigir este proyecto en tan corto tiempo, por ser un apoyo constante y por ser una excelente guía en este proceso. A mis padres por su apoyo incondicional y su amor.

Nataly Botero Chitiva

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
1. DISEÑO DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO.....	11
1.2. DELIMITACIÓN Y ALCANCE	11
1.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA	12
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	16
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. METODOLOGÍA	16
3.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....	16
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2.....	17
3.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.....	19
3.4. OBJETIVO ESPECÍFICO 4.....	20
4. MARCO DE REFERENCIA	21
4.1. ANTECEDENTES O ESTUDIOS PREVIOS	21
4.2. MARCO TEÓRICO	32
4.2.1. MARCO LEGAL	32
4.2.2. DEFINICIONES	32
4.3. APORTE INTELECTUAL	36
5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	38
5.1. RECURSOS DISPONIBLES	38
6. DESARROLLO DE OBJETIVOS	38
6.1. DESARROLLO OBJETIVO 1.....	38
6.2. DESARROLLO OBJETIVO 2.....	48
6.3. DESARROLLO OBJETIVO 3.....	56
6.3.1. CARACTERIZACIÓN CASOS DE ESTUDIO.....	56
6.3.2. RESULTADOS IMPULSORES COLOMBIA	64
6.4. DESARROLLO OBJETIVO 4.....	82

6.4.1. RESULTADO GLOBAL	82
6.4.2. DIAGNÓSTICO COMPARATIVO	87
6.4.3. RETOS Y ESTRATEGIAS	90
6.5. CONCLUSIÓN	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Casos de estudio de las compañías.....	25
Tabla 2. Casos de estudio de Colombia.....	56
Tabla 3. Caracterización de empresas estudiadas.....	64
Tabla 4. Resultado total empresas Colombia.....	82
Tabla 5. Resultados consolidados.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de participación en Generación Distribuida mundialmente	14
Figura 2. Participación por tecnología en el portafolio de energía de Colombia	15
Figura 3. Modelo Actual vs. Modelo de Generación Distribuida	22
Figura 4. Ventajas que pueden motivar a operadores de red a invertir en GD. 30	
Figura 5. Posibles ambientes de aplicación de la GD	31

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Matriz de autoevaluación	49
Ilustración 2. Matriz de autoevaluación Colombia	50
Ilustración 3. Cuestionario	51
Ilustración 4. Retos y estrategias	52
Ilustración 5. Relación Impulsores/Marcos.....	52
Ilustración 6. Gráfica radial.....	53

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Resultados autoevaluación Compañía A	65
Gráfica 2. Resultados cuestionario Compañía A.....	65
Gráfica 3. Resultados autoevaluación Compañía B	67
Gráfica 4. Resultados cuestionario Compañía B.....	68
Gráfica 5. Resultados autoevaluación Compañía C	69
Gráfica 6. Resultados cuestionario Compañía C.....	69
Gráfica 7. Resultados autoevaluación Compañía D	72

Gráfica 8. Resultados cuestionario Compañía D.....	72
Gráfica 9. Resultados autoevaluación Compañía E	74
Gráfica 10. Resultados cuestionario Compañía E.....	74
Gráfica 11. Resultados autoevaluación Compañía F	76
Gráfica 12. Resultados cuestionario Compañía F.....	76
Gráfica 13. Resultados autoevaluación Compañía G.....	77
Gráfica 14. Resultados cuestionario Compañía G	78
Gráfica 15. Resultados autoevaluación Compañía H.....	79
Gráfica 16. Resultados cuestionario Compañía H.....	80
Gráfica 17. Resultado global Colombia	88
Gráfica 18. Resultado global Brasil	88

RESUMEN

El proyecto “impulsores, retos y estrategias para la generación distribuida en grandes empresas del valle del cauca” pretende considerar el amplio alcance de las alternativas para el abastecimiento de energía eléctrica en las compañías colombianas y analizar las razones para la internalización de ésta. En el desarrollo del proyecto, se busca identificar cuáles son los motivos que llevan a las empresas a usar nuevas opciones para la implementación de proyectos que logren abastecerlas de energía eléctrica a través de energías no convencionales, con el fin de tener las condiciones que permitan establecer, mantener y usar capacidades más eficientes respecto a la competencia y el mercado.

Para exponer la importancia de la energía distribuida en los procesos de la cadena de abastecimiento, se identificaron siete impulsores: sostenibilidad, confiabilidad y calidad, precio de los productos, escasez de recursos, innovación tecnológica, opciones de externalización y flexibilidad. Estos impulsores se analizaron dentro de tres marcos principales: legal, económico y estratégico; con la intención de identificar los intereses de negocio de las compañías hacia la implementación de generación distribuida.

Finalmente, se generó un diagnóstico comparativo entre la situación actual de Colombia y Brasil respecto a proyectos de generación distribuida y los impulsores que la han llevado a un mayor desarrollo. Además se identificaron unos retos y estrategias que van orientadas a la mejora de la implementación de proyectos que al momento de tomar la decisión de hacer o comprar conduce a las compañías a introducir generación de energía.

ABSTRACT

The project “Drivers, challenges and strategies for Distributed Generation in large companies from Valle del Cauca” aims to consider the wide range of alternatives for the supply of electric power in the Colombian companies and analyze the reasons for internalizing it. In the development of the project, it is to identify what are the reasons that lead companies to use new options for implementing projects that achieve to supply electricity to them, through non-conventional energy, in order to have the conditions for establishing, maintaining and using more efficiently their capabilities over the competition and the market.

To explain the importance of the energy distributed in the processes of the supply chain seven drivers were identified: sustainability, reliability and quality, product prices, scarcity of resources, technological innovation, outsourcing options and flexibility. These drivers were analyzed in three main frameworks: legal, economic and strategic; with the intention of identifying the business interests of the companies towards the implementation of distributed generation.

Finally, a comparative analysis between the current situation of Colombia and Brazil was generated, regarding distributed generation projects and the drivers that have lead it to a further development. Also, some challenges and strategies were identified; these ones are aimed at improving the implementation of projects when making the decision to make or buy leads companies to introduce the energy generation.

1. DISEÑO DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TÍTULO DEL PROYECTO

Impulsores, retos y estrategias para la generación distribuida en grandes empresas del Valle del Cauca.

1.2. DELIMITACIÓN Y ALCANCE

El proyecto “***Impulsores, retos y estrategias para la generación distribuida en grandes empresas del Valle del Cauca***” es de tipo exploratorio. Abarca los aspectos de la gestión de la cadena de suministro que contribuyen en la estrategia de las empresas regionales, en relación con el abastecimiento de energía a través de cinco áreas: sostenibilidad, escasez de recursos, precio de los productos, innovación tecnológica y opciones de externalización.

El análisis de estas áreas se llevará a cabo dentro de tres aspectos principales: legales, económicos y estratégicos; con la intención de impulsar los intereses de negocio de las compañías hacia la implementación de energía distribuida.

El desarrollo de este proyecto se realizará en: (1) empresas grandes colombianas que tengan participación en el mercado internacional, (2) empresas que actualmente tengan algún proceso de cogeneración y (3) empresas que tengan intereses respecto a la internalización de generación de energía. Las variables más importantes relacionadas con el desarrollo del proyecto son: utilización de la capacidad, costos energéticos, intención de inversión, rendimiento económico y energético y los aspectos que caracterizan el consumo de energía en la cadena de suministro, como la eficiencia, vulnerabilidad, costos y recursos.

La contribución de esta propuesta es ayudar a las compañías a evaluar los beneficios potenciales que tiene la auto-generación por medio de la energía distribuida e identificar oportunidades de mejoramiento para replantear su estrategia de abastecimiento energético en la cadena de suministro.

El origen de este proyecto nace de la colaboración con la Universidad Federal de Minas Gerais de la ciudad de Belo Horizonte, Brasil y la estudiante Marina Guimarães Mattos, quien adelanta sus estudios de doctorado en este tema.

En su investigación, desarrolla una herramienta de diagnóstico para evaluar los aspectos de la cadena de suministro en relación a la toma de decisiones en corporaciones globales de Brasil frente a los marcos legal, económico y estratégico. Esta herramienta será rediseñada para el presente proyecto y se aplicará a las empresas colombianas, evaluando de igual forma, los aspectos de la cadena de suministro encontrados en Brasil, para finalmente realizar un diagnóstico comparativo entre los dos países.

1.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

La implementación de las primeras centrales de generación eléctrica en las décadas de 1870 y 1890, las cuales eran en su mayoría hidroeléctricas, eran de corriente continua. Actualmente, la generación hidroeléctrica perdura como la forma de energía con mayor participación, por lo que no existe una capacidad de transformación muy eficiente de la energía, ya que el rendimiento que presenta este tipo de generación es baja. Hace aproximadamente 40 años, estas centrales solo podían abastecer zonas cercanas y pequeñas. A principios del siglo XX, surgieron las máquinas de corriente alterna y los transformadores, lo que permitió distribuir la electricidad a distancias más largas. Fue en ese momento, donde nació la idea de no construir las centrales en los núcleos de consumo.

Después de todo este tiempo, el funcionamiento de la generación eléctrica convencional no ha tenido cambios relevantes en su estructura a nivel mundial. Sin embargo, algunas empresas están iniciando un proceso de cambio, derivado de los problemas que los afectan: la frecuencia de grandes apagones y el deterioro de las redes, además del aumento en la complejidad de llevar energía desde las centrales hasta el consumidor final, gracias al crecimiento de la urbanización (Hernández, 2009).

Estos problemas conllevaron a la búsqueda de nuevas formas de implementación de energía y, al mismo tiempo, han tomado más fuerza los términos legales, en materia de consumo energético, en los planes de desarrollo de los países, con un enfoque hacia la eficiencia energética y el uso de energías no convencionales. A partir de esto, el uso de la energía distribuida ha cobrado gran importancia.

La energía distribuida ha sido visualizada a nivel global en los últimos años, como una posible solución a los problemas que han generado el calentamiento global, la escasez de los combustibles fósiles y la saturación de las redes eléctricas. La generación distribuida consiste básicamente en la generación de energía eléctrica por medio de fuentes renovables a pequeña escala, en lugares lo más cercanos posibles a los puntos de consumo (República, 2014).

El desarrollo de este tipo de generación es muy superior en los países desarrollados, ya que han planteado proyectos de gran inversión para implementar la energía distribuida en la cadena de suministro, especialmente en la Unión Europea.

Como se muestra en la Figura 1, el panorama colombiano respecto a energía distribuida es drásticamente diferente a las potencias que la están desarrollando.

Porcentaje de Generación Distribuida por país

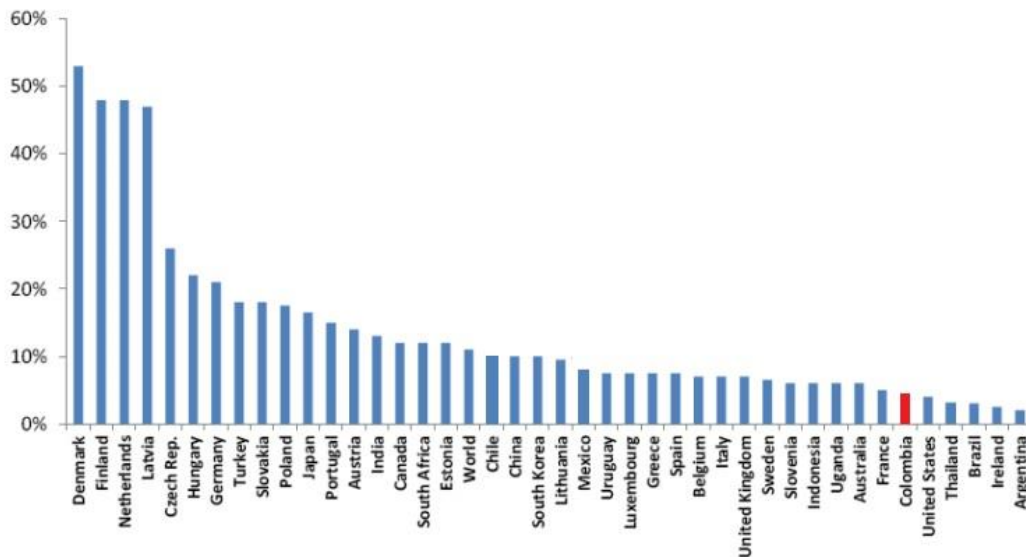


Figura 1. Porcentaje de participación en Generación Distribuida mundialmente

Fuente: (Gischler & Janson, 2011)

Gracias a que Colombia es un país rico en recursos hídricos, y dado que la energía hidráulica ocupa el mayor porcentaje de generación eléctrica en el país, no hay una gran preocupación por acoger medidas que mitiguen el impacto del calentamiento global; pero sí existe potencial en cuanto a que hay posibilidades de abastecer de energía a zonas no interconectadas en el país. Sin embargo, el progreso respecto a la energía distribuida es incipiente (Figura 2).

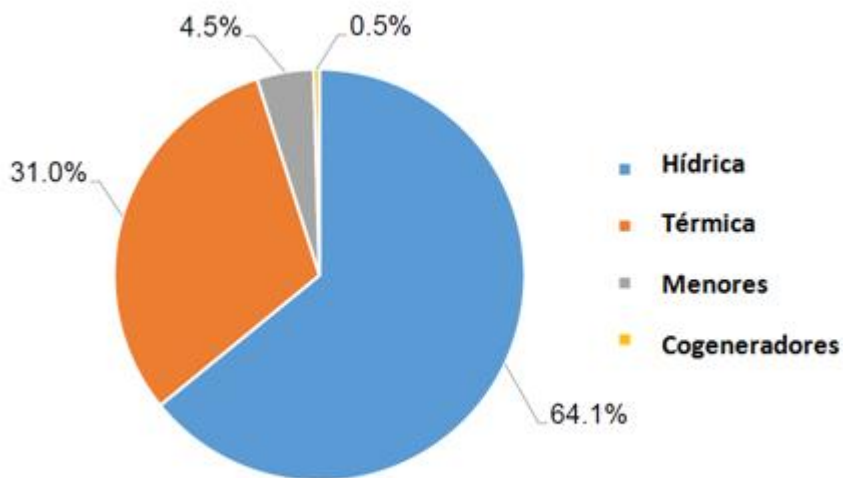


Figura 2. Participación por tecnología en el portafolio de energía de Colombia

Fuente de datos: Informe ejecutivo, XM – Febrero de 2013

Fuente de gráfica: UPME. (Energética, 2014)

El hecho de que el desarrollo de este tipo de generación no sea muy significativo en el entorno colombiano, va más allá de las restricciones en el uso de recursos o la reducción de costos. El aspecto más importante es ayudar a entender las influencias que conducen a las compañías a desarrollar estrategias para abastecerse de energía a través de la generación distribuida.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las empresas nacionales no han identificado el rol potencial que la Energía Distribuida puede jugar al momento de direccionar sus necesidades de seguridad en abastecimiento de un recurso crítico como lo es la energía, desde una perspectiva estratégica y a largo plazo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial de desarrollo e implementación del uso de energías renovables en la región.

2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Evaluar los impulsores, retos y estrategias para la generación distribuida en grandes empresas del Valle del Cauca.

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el estado actual de la implementación de generación distribuida en Colombia y los fundamentos legales que la incentivan y regulan.
- Diseñar una herramienta de diagnóstico para determinar los aspectos estratégicos que impulsan a las empresas a implementar la generación distribuida.
- Analizar los impulsores de la cadena de abastecimiento a través de una prueba piloto, utilizando la herramienta en grandes empresas de del valle del cauca.
- Generar un diagnóstico con la información obtenida y evaluar las diferencias encontradas frente a Brasil.

3. METODOLOGÍA

3.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Evaluar el estado actual de la implementación de la generación distribuida en Colombia y los fundamentos legales que la incentivan y regulan.

Nº	Actividades críticas	Metodologías específicas	Barreras y restricciones
1	Realizar revisión bibliográfica sobre compañías que hayan tomado decisiones sobre la internalización de generación de energía o que tengan interés de implementarla.	Revisar antecedentes, estudio de procesos para la implementación de la energía distribuida	Disponibilidad de información en la web o bases de datos.
2	Estudiar los requerimientos legales y regulatorios sobre el uso de energías renovables e implementación de generación distribuida en Colombia	Investigar normas que regulen el uso de energías no convencionales Investigar restricciones legales Buscar los incentivos que el estado provee a las empresas que desarrollen la energía distribuida	

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Diseñar una herramienta de diagnóstico para determinar los aspectos estratégicos que impulsan a las empresas a implementar la energía distribuida.

Nº	Actividades críticas	Metodologías específicas	Barreras y restricciones

1	<p>Identificar las herramientas de diagnóstico en otros estudios nacionales e internacionales sobre aspectos estratégicos.</p> <p>Identificar los impulsores de la generación distribuida a nivel nacional e internacional.</p>	<p>Elaborar preguntas indagatorias que permitan identificar los drivers de las empresas en estudio</p>	<p>Disposición de ofrecimiento de información sobre las herramientas</p> <p>Relevancia insuficiente de las preguntas</p>
2	<p>Hacer una segmentación de las herramientas encontradas en cuanto a los drivers que las empresas consideren de más impacto en sus estrategias de la cadena de abastecimiento.</p>	<p>Determinar la relación entre los drivers de las empresas con los aspectos más importantes para éstas en cuanto al desarrollo de energías renovables.</p> <p>Clasificar las relaciones</p>	
3	<p>Analizar la información clasificada para obtener los puntos clave de la plataforma común de evaluación</p>	<p>Seleccionar los factores más relevantes (comunes) dentro de la cadena de suministro de las empresas</p>	
Nº	Actividades críticas	Metodologías específicas	Barreras y restricciones
4	<p>Rediseñar la herramienta existente de diagnóstico que sirva como una plataforma común para todas las empresas a evaluar.</p> <p>Revisión y validación con el autor de la</p>	<p>Establecer una forma cualitativa y cuantitativa de medir el nivel de impacto de los drivers en los factores encontrados</p> <p>Hacer contacto vía internet u otros medios</p>	<p>Disponibilidad de tiempo de las partes</p>

	herramienta original.	de comunicación	
--	-----------------------	-----------------	--

3.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Realizar una prueba piloto implementando la herramienta en grandes empresas de Colombia.

Nº	Actividades críticas	Metodologías específicas	Barreras y restricciones
1	Identificar las bases de datos de todas las empresas grandes de Colombia. Identificar sectores con potencial para la generación distribuida. Identificar aquellas empresas que ya han implementado cogeneración.	Buscar vía web empresas que desarrollen e implementen el uso de la energía distribuida	Disponibilidad de información en la web
Nº	Actividades críticas	Metodologías específicas	Barreras y restricciones
2	Clasificar las empresas en estudio por sectores	Identificar qué tipo de proyectos en cuanto a energías renovables tienen las empresas encontradas y clasificarlas según el tipo	
3	Seleccionar una muestra representativa de compañías que se desean estudiar	Determinar la cantidad de empresas necesarias para tener una muestra significativa de la población y resultados válidos para el diagnóstico.	Cantidad significativa de empresas que implementen la generación distribuida en Colombia

4	Realizar un protocolo de acercamiento a las empresas en estudio	Realizar entrevistas vía internet por medio de programas de comunicación como Skype y a través de llamadas telefónicas	Disponibilidad de tiempo de las empresas Disposición para ofrecer información por parte de las empresas
5	Recolectar la información	Agrupar toda la información obtenida del acercamiento a las empresas	
6	Analizar la información obtenida	Aplicar conceptos teóricos a la información obtenida y analizarla	

3.4. OBJETIVO ESPECÍFICO 4

Generar un diagnóstico con la información obtenida y evaluar las diferencias encontradas frente a Brasil.

Nº	Actividades críticas	Metodologías específicas	Barreras y restricciones
1	Emplear la herramienta de evaluación para las empresas que ya han implementado algún tipo de GD y obtener los resultados.		

2	Determinar las causas y las razones por las cuales las empresas estudiadas que no han implementado GD, no han optado por este tipo de abastecimiento energético.	Observar cuáles son las causas más comunes en las empresas y observar las más pertinentes para el diagnóstico	
3	Hacer un análisis comparativo entre las empresas estudiadas y los resultados generados por la investigación en Brasil para realizar el diagnóstico	<p>Describir los métodos de abastecimiento energético de las empresas estudiadas</p> <p>Determinar similitudes y diferencias entre los métodos</p> <p>Determinar viabilidad a nivel estratégico en las empresas de Colombia</p>	

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. ANTECEDENTES O ESTUDIOS PREVIOS

La generación distribuida (GD) emerge como una nueva alternativa de prestación del servicio de electricidad que puede, potencialmente, modificar la arquitectura de los sistemas de energía eléctrica, especialmente la de las redes de abastecimiento (Colombia, Avances en programas de eficiencia energética en Colombia, 2010).

Los sistemas de GD empiezan a tomar fuerza como resultado de las nuevas reformas a los sistemas de potencia. Actualmente, se refleja una necesidad de evolucionar en el sistema eléctrico colombiano, pues es vital que éste se encuentre en la capacidad de operar nuevas conexiones de diversos auto-generadores o cogeneradores de energía, además de integrar nuevos

consumidores para la oferta energética que se puede generar y poder cumplir con la demanda de usuarios sin que la calidad del servicio eléctrico se vea afectada.

Para observar claramente el contraste entre la forma de generación eléctrica actual y la generación distribuida, se muestran los siguientes modelos:

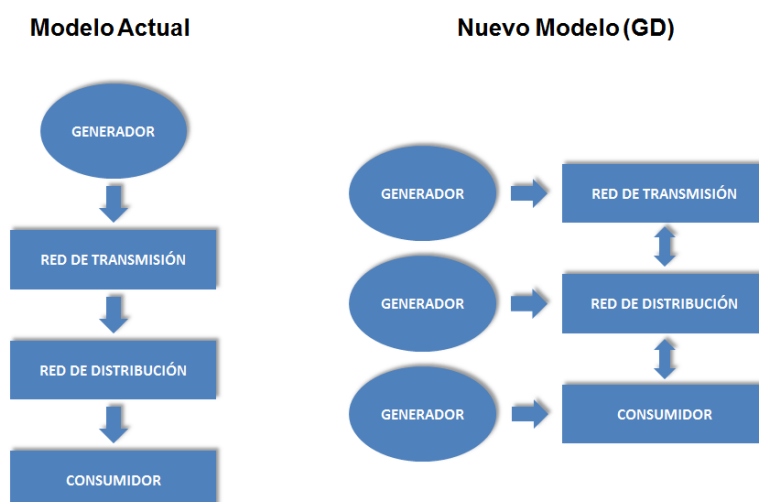


Figura 3. Modelo Actual vs. Modelo de Generación Distribuida
Fuente: (Colombia, Avances en programas de eficiencia energética en Colombia, 2010)

Como se observa en la figura 3, la GD es una forma de abastecimiento energético totalmente diferente a la convencional, pues su fin es utilizar varios generadores a pequeña escala, y no solo un gran generador central, para abastecer de energía a todas las redes. El objetivo de los pequeños generadores es alimentar cargas que estén ubicadas cerca de los puntos de consumo.

Este tipo de generación de energía ha tenido un avance significativo en varios países alrededor del mundo, que son potencias en el desarrollo de energías renovables. A nivel de Suramérica, Brasil es el país con mayor participación en el uso de energías renovables y es pionero en el estudio de la viabilidad de la generación distribuida.

Brasil

Según un estudio realizado por el ICEX¹ (2013), “la matriz energética brasileña está formada en un 46% por energías limpias, siendo uno de los países con mayor producción de renovables del mundo”. Es importante recalcar que la generación hidroeléctrica es considerada en Brasil como una fuente renovable, por lo que la gran participación incluye este tipo de generación (García, Garcés, & Atiaja, 2012). Para llevar a cabo este proyecto, se tomó como base la investigación realizada en Brasil por Marina Guimarães, llamada “Energy Supply for Global Corporations: strategies for distributed generation in emerging markets” (Mattos M. G., 2014), en la cual se exponen las estrategias para el consumo de energía de grandes corporaciones, y su relación con operaciones globales y los factores clave de la cadena de abastecimiento respecto a la generación distribuida.

Esta investigación se trata básicamente de la generación de una plataforma común de diagnóstico que evalúa los aspectos más importantes de la cadena de abastecimiento de grandes corporaciones brasileñas, de acuerdo a requerimientos legales, problemas económicos y metas estratégicas; con el fin de reconsiderar el rol y la configuración del sistema de energía distribuida. El estudio fue desarrollado en cuatro partes: primero, el saber cómo los drivers de la cadena de abastecimiento contribuyen en las decisiones de corporaciones globales hacia la estrategia de energía distribuida; segundo, la descripción del proceso que se lleva a cabo para desarrollar y validar el marco de trabajo; tercero, la presentación de los casos de estudio y la forma de evaluarlos; y por último, la discusión de los hallazgos.

En la primera parte, se analizaron los drivers más importantes de la cadena de suministro propuestos por la autora, respecto a la relevancia que tienen al momento de construir estrategias de implementación de energía distribuida. Estos drivers son: Sostenibilidad, precio de los productos, innovación tecnológica, escasez de recursos y opciones de externalización.

¹ España Exportación e Inversiones

En la segunda parte, se describe la metodología implementada para el desarrollo del marco de trabajo, enfocado en la relación entre la gestión de la cadena de suministro y la energía distribuida para que así, las implicaciones más relacionadas a la internalización de generación de energía sean resaltadas. Este proceso empieza con el planteamiento de dos preguntas, basándose en la filosofía de C. Voss (Voss, 2002) (1) ¿Cuáles son las razones principales que llevan a las compañías a internalizar sus instalaciones de generación? y (2) ¿Cómo las prácticas tradicionales de gestión de operaciones impactan la estrategia energética de las compañías brasileras?, éstas se direccionan acorde a la revisión de literatura, el desarrollo de un marco de trabajo, casos de estudio y análisis de datos.

Después, se desarrolló un protocolo de investigación por medio de entrevistas con varios gerentes de las grandes compañías de Brasil, así como la evaluación en profundidad sus informes y datos secundarios. El criterio principal para seleccionar a las compañías fue: (1) que sea una corporación global; y (2) que la compañía haya tomado decisiones sobre internalización de energía.

El procedimiento de evaluación se trató de que las compañías se clasificaran a sí mismas respecto a la decisión de procesos de generación, acorde a los parámetros de su marco de trabajo; es decir, describieron el nivel de relación que tienen los drivers planteados, de acuerdo a los aspectos legales, económicos y estratégicos. Las condiciones fueron clasificadas como total (+++), parcial (++) , baja (+) o ninguna (-) y las respuestas representan cada uno de los proyectos de generación distribuida implementados por las empresas que se estudiaron.

A continuación se muestra una tabla con los detalles de las compañías estudiadas y el tipo de proyecto de generación distribuida que desarrollaron:

Tabla 1. Casos de estudio de las compañías

Compañía	Sector	Ingresos	# Empleados	Proyectos	Caso de estudio
A	Acero/Metales	\$79.44Bi	232.000	1 cogeneración 1 energía verde	#1 #2
B	Minería	\$47.42Bi	83.286	1 planta eólica 1 cogeneración	#3 #4
C	Petróleo y Gas	\$141.5Bi	85.065	1 cogeneración 1 cogeneración	#5 #6

Fuente: (Mattos M. G., 2014)

En la tercera parte, se aplicó el método de evaluación a las tres empresas mencionadas en la Tabla 1. Los aspectos del caso de estudio fueron analizados más allá de la producción y el consumo de energía, se basaron también en la posición de la empresa hacia su planeación estratégica, enfocada en la confiabilidad, capacidad de respuesta, vulnerabilidad, inversiones y demandas futuras; también se basaron en las decisiones económicas y financieras para el consumo, la demanda, los impuestos y las restricciones legales.

Como resultado, se obtuvo que la razón más fuerte por la que las compañías brasileras optaron por la generación de energía distribuida es la sostenibilidad, ya que es el aspecto que conduce al uso integrado de procesos por productos y a la estrategia de mejoramiento de la imagen social y medioambiental. Esta última estrategia, es una de las principales preocupaciones para todas las compañías estudiadas en Brasil. Además, la sostenibilidad promueve que el proceso de planeación de las empresas incluya decisiones respecto a la protección del medio ambiente para obtener una ventaja competitiva.

Otro impulsor de la cadena de abastecimiento es el precio de los productos, el cual es resaltado por las compañías brasileras como el segundo más importante, gracias a que toma en consideración los impuestos, los cambios regulatorios, la incertidumbre económica y aspectos del aumento de la demanda, los cuales son factores críticos en la toma de decisiones para optimizar soluciones acerca de la generación distribuida.

Por otro lado, la innovación tecnológica es también un driver importante, ya que busca mejorar la eficiencia, la flexibilidad y la escalabilidad, a través del uso de nuevos procesos y equipo aplicado en la generación de energía.

La escasez de recursos se refiere tanto a asegurar un suministro de materias primas, como al acceso a tecnologías nuevas o existentes, de acuerdo a las restricciones legales y medioambientales. El impulsor de opciones de externalización, se refiere a que las compañías tienden a hacer outsourcing para adquirir habilidades esenciales con costos mínimos, contratando servicios que no hacen parte de su objeto de negocio y, consecuentemente, enfocando sus esfuerzos y recursos en actividades propias.

Los cinco impulsores planteados, apuntan hacia la necesidad de cambios radicales en la manera en que las compañías manejan y configuran su cadena de suministro, aplicando conceptos tradicionales de la gestión de operaciones para proporcionar condiciones para internalizar el proceso de generación eléctrica.

Como conclusión de la investigación, la autora planteó una serie de aspectos derivados de la importancia de los impulsores en las compañías para internalizar la generación distribuida: **(1)** Precios energéticos puntuales y pronósticos futuros; **(2)** Requerimientos o incentivos estratégicos y legales y la valoración económica de los proyectos **(3)** El precio de los productos en mercados emergentes **(4)** La innovación tecnológica; y **(5)** Desde la perspectiva hacer-o-comprar, las opciones de externalización no están estrictamente orientadas por parámetros económicos.

El fin del desarrollo del marco de trabajo de esta investigación, es ayudar a las compañías a evaluar el estado actual de una planta con generación distribuida e identificar oportunidades potenciales de mejoramiento para reconfigurar sus estrategias de la cadena de suministro.

América Latina y el Caribe

A partir de la literatura revisada, se halló un documento exploratorio sobre GD en algunos países de Latinoamérica y el Caribe: Chile, México, Jamaica y

Barbados. Este trabajo fue realizado por Christian Gischler y Nils Janson del BID², y se llama “Perspectivas sobre la generación distribuida mediante energías renovables en América Latina y el Caribe” (Gischler & Janson, 2011).

En esta investigación se analiza la forma de incentivar el desarrollo de la GD haciendo uso de energías renovables en mercados emergentes de estos países, con el objetivo de aumentar la competitividad y alcanzar un crecimiento económico sostenible. La justificación de esta propuesta es de tipo económico, pues se trata de reducir los costos energéticos de un país para aumentar la competitividad y la economía.

Para el desarrollo de este trabajo se evaluaron los países en cuatro etapas: primero, el contexto del mercado de electricidad; segundo, la viabilidad de la generación distribuida renovable; tercero, el marco en que se encuentra la GD en cada país y por último, el análisis de la información obtenida. Los países presentaron diferentes resultados respecto a la viabilidad de implementar la GD.

Para el caso de Jamaica, las energías renovables a gran escala son factibles económicamente. Los tipos de generación eléctrica renovables que pueden ser menos costosos que las convencionales, son la cogeneración con bagazo, la conversión de gas de vertedero a energía y la energía eólica. Además, el país cuenta con pequeñas centrales hidroeléctricas que pueden ser una opción renovable, pero los recursos hidroeléctricos ya están explotados. Por otro lado, las energías renovables a pequeña escala no son económicamente viables, pues algunos tipos de generación como la energía solar FV y la eólica, generan electricidad a un mayor costo a corto plazo en comparación con los sistemas convencionales.

En Barbados, la GD a gran escala es viable. Los tipos de generación eléctrica renovables que pueden ser más factibles que las convencionales, son la cogeneración con biomasa y la conversión de residuos a energía, ya que generan en energía a un costo menor que el de la tarifa. De igual manera, a pequeña escala también es viable la GD renovable, ya que el gobierno está

² Banco Interamericano de Desarrollo

implementando unos subsidios que incentivan la implementación de este tipo de generación renovable.

En la situación de México, la GD a gran escala es mayormente viable. Los tipos de generación eléctrica renovables que pueden ser más factibles que las convencionales, son la generación con biogás, la cogeneración industrial, la cogeneración con biomasa y las pequeñas centrales hidroeléctricas; ya que son competitivas. A pequeña escala, no son viables algunos tipos de energías renovables como la solar y eólica, ya que presentan unos costos de generación mayores que los sistemas energéticos a gran escala y las tarifas son más altas.

Por último, en el caso de Chile, se concluyó que a gran escala, son factibles las pequeñas centrales hidroeléctricas y la cogeneración de biomasa, ya que sus costos son menores que los del carbón convencional. La energía eólica no es viable comparándola con el costo variable del gas natural. La energía solar fotovoltaica no es viable pues sus costos de capital son muy altos, al igual que la energía eólica a pequeña escala.

Este análisis tiene como conclusión que los cuatro países tienen varias opciones viables para la implementación de centrales de generación distribuida renovable a gran escala, cuya meta es la venta de un flujo continuo de electricidad. El desarrollo de la GD a pequeña escala es viable en los países que tienen costos muy elevados en generación eléctrica y tienen gran posibilidad de hacer uso de sus recursos financieros para la inversión.

Colombia

A nivel nacional, se han realizado varias investigaciones sobre el desarrollo de energía distribuida por parte de universidades y profesionales que han incursionado en el tema. Para mostrar los aportes que algunos de ellos han brindado, se tomó como referencia un artículo que presenta los resultados obtenidos de un estudio llamado “Análisis de Prospectiva de la Generación Distribuida en el Sector Eléctrico Colombiano” (Duque, Marmolejo, & Rueda de Torres, 2004).

Este análisis de prospectiva de GD fue realizado mediante el método Delphi, el cual se define como “un método para estructurar el proceso de comunicación

grupales, de modo que ésta sea efectiva para permitir a un grupo de individuos como un todo, para tratar con problemas complejos” (Gischler & Janson, 2011). Este método se basa en opiniones de expertos en el sector de estudio, con el fin de tener un conocimiento que permita determinar acuerdos y desacuerdos sobre el tema para llegar a un punto de vista común.

Para implementar el método, los autores realizaron dos rondas indagatorias. En la primera se determinó los juicios de 130 expertos acerca de la factibilidad de la GD en Colombia, la cual trató varios aspectos de la generación distribuida como: temas generales, ventajas competitivas de la GD en los sistemas de distribución, tecnología, calidad de servicio, marco regulatorio, comercialización y aplicaciones y usos. En la segunda ronda, se hizo un filtro de información para obtener resultados más concretos.

Aunque esta investigación lleva ya 10 años de haberse realizado, el panorama colombiano respecto a este tipo de generación no ha tenido cambios drásticos, por lo que los resultados obtenidos pueden tener alguna relación con la situación actual. Algunos de los resultados más relevantes que mostró el análisis de los investigadores son:

- La mejora de los niveles de confianza y la calidad del servicio, la variedad de fuentes energéticas y la reducción del impacto ambiental, son las razones más importantes para implementar la GD en Colombia.
- La GD es capaz de prestar otros servicios a parte del suministro de energía eléctrica, como la reducción de pérdidas en los sistemas de transmisión, aumentar el nivel de confianza en sistemas de distribución y transmisión, y regular el voltaje y suministro de reactivos. A nivel nacional, hay varios aspectos que se deben analizar con más detalle, como la flexibilidad de operaciones y de expansión, y los efectos en la confiabilidad en este tipo de generación eléctrica.
- El país debe tener muy en cuenta los impactos negativos que puede generar la implementación de GD en los sistemas de distribución, como: las consecuencias sobre la operación y el mantenimiento de las redes

de distribución, la regulación del voltaje y la disminución de la calidad del sistema de distribución.

- Las ventajas más significativas para los inversionistas son la que les brindan beneficio económico y mejoran la calidad del servicio, representadas por: el costo de la energía, la posibilidad de vender excedentes, la calidad de la potencia, la posibilidad de vender capacidad instalada para mejoramiento de la seguridad.

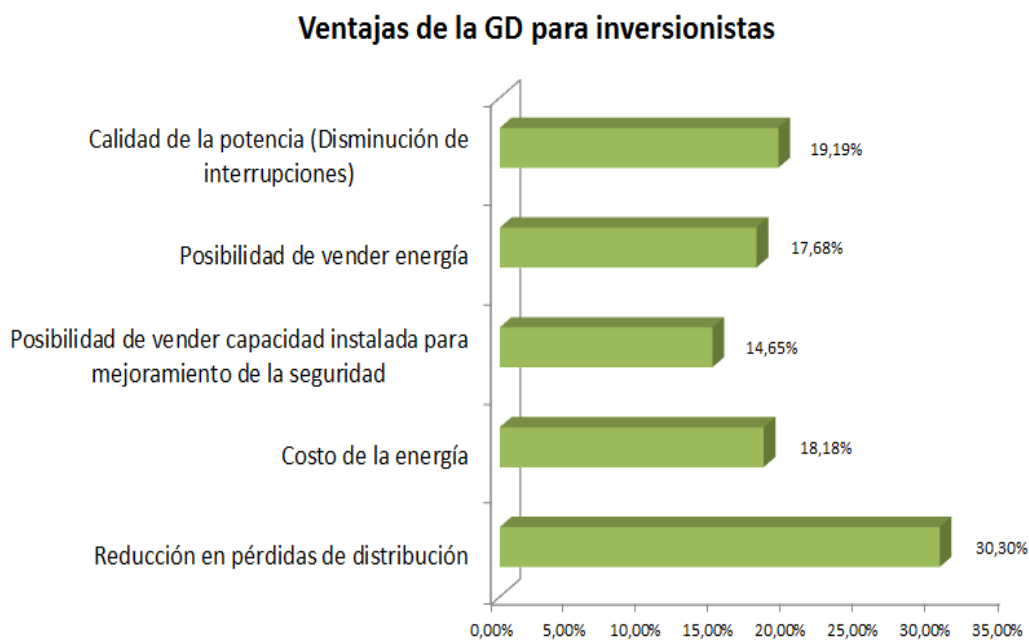


Figura 4. Ventajas que pueden motivar a operadores de red a invertir en GD

Fuente: (Duque, Marmolejo, & Rueda de Torres, 2004)

- Los lugares con mayor viabilidad para implementar la GD en Colombia son: las zonas rurales, zonas que tengan recursos energéticos de bajo costo y la posibilidad de conexión al sistema eléctrico, en subestaciones de las grandes empresas.

Posibles ambientes de aplicación de la GD

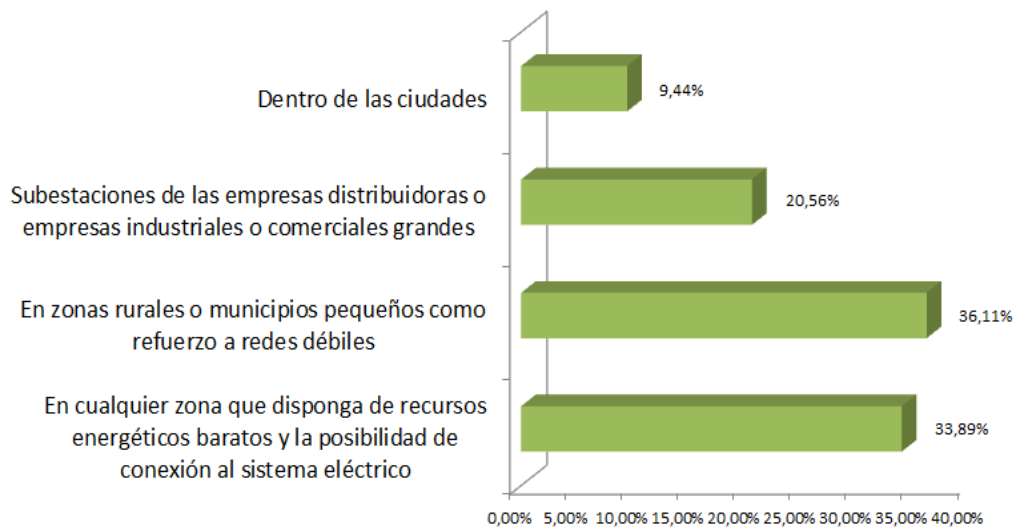


Figura 5. Posibles ambientes de aplicación de la GD

Fuente: (Duque, Marmolejo, & Rueda de Torres, 2004)

- La inversión en este tipo de energía sería económicamente factible porque mejora el servicio eléctrico en las ciudades, debido a que permite una mejor capacidad de respuesta y control del voltaje, ya que el área de cobertura es menor. Además, en el país la mayoría de corporaciones se encuentran alejadas de las zonas donde se encuentra la red de transmisión, por lo que la estabilidad es más baja ya que hay un mayor transporte de carga eléctrica y el control de pérdidas es más difícil de gestionar; esto también aporta viabilidad a los proyectos de GD.

Como conclusión general de este trabajo investigativo, se plantea que la Generación Distribuida se debería introducir como un negocio en el que los generadores de esta energía puedan vender sus excedentes de energía a los comercializadores para que éstos puedan tener un interés de inversión. De igual manera, que los operadores de red minimicen sus pérdidas por distribución, incentivando la inversión. Por último, que los comercializadores puedan vender energía a precios que sean competitivos con los de los grandes generadores, bajo la normatividad de los organismos regulatorios del país.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. MARCO LEGAL

Legislación en energías renovables

- **Ley 1715 de 2014.** Regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, además fomenta el uso de estas energías y promueve la inversión, la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias.
- **Ley 1665 de 2013.** Se aprueba el "ESTATUTO DE LA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (IRENA)", hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009.
- **Ley 689 de 2001.** Es una modificación de la ley 142 de 1994 **por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional.**

4.2.2. DEFINICIONES

Para el desarrollo del proyecto, se deben tener en cuenta una serie de conceptos, establecidos en el Artículo 5° de la Ley 1715 del 13 de Mayo de 2014 (Gischler & Janson, 2011).

- **Autogeneración.** Aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica principalmente, para atender sus propias necesidades. En el evento en que se generen excedentes de energía eléctrica a partir de tal actividad, estos podrán entregarse a la red, en los términos que establezca la comisión de regulación de energía y gas (CREG) para tal fin.

- **Autogeneración a gran escala.** Autogeneración cuya potencia máxima supera el límite establecido por la unidad de planeación minero energética (UPME).
- **Autogeneración a pequeña escala.** Autogeneración cuya potencia máxima no supera el límite establecido por la unidad de planeación minero energética.
- **Cogeneración.** Producción combinada de energía eléctrica y energía térmica que hace parte integrante de una actividad productiva.
- **Contador bidireccional.** Contador que acumula la diferencia entre los pulsos recibidos por sus entradas de cuenta ascendente y cuenta descendente.
- **Desarrollo sostenible.** Aquel desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizar para la satisfacción de sus propias necesidades, por lo menos en las mismas condiciones de las actuales.
- **Eficiencia energética.** Es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, que busca ser maximizada a través de buenas prácticas de reconversión tecnológica o sustitución de combustible. A través de la eficiencia energética se busca obtener el mayor provecho de la energía, bien sea a partir de una forma primaria de energía o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco de desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre el ambiente y los recursos naturales renovables.

- **Energía de la biomasa.** Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que se basa en la degradación espontánea o inducida de cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como de los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos, y que no contiene o hayan estado contacto con trazas de elementos que confieren algún grado de peligrosidad.

- **Energía de los mares.** Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que comprende fenómenos naturales marinos como lo son las mareas, el oleaje, las corrientes marinas, los gradientes térmicos oceánicos y los gradientes de salinidad, entre otros posibles.

- **Energía de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos.** Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que se basa en los cuerpos de agua a pequeña escala.

- **Energía eólica.** Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste en el movimiento de las masas de aire.

- **Energía geotérmica.** Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste en el calor que yace del subsuelo terrestre.

- **Energía solar.** Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste de la radiación electromagnética proveniente del sol.

- **Excedente de energía.** La energía sobrante una vez cubiertas las necesidades de consumo propias, producto de una actividad de autogeneración o cogeneración.

- **Fuentes convencionales de energía.** Son aquellos recursos de energía que son utilizados de forma intensiva y ampliamente comercializados en el país.
- **Fuentes no convencionales de energía (FNCE).** Son aquellos recursos de energías disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCE la energía nuclear o atómica y las FNCER. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCE según lo determina la UPME.
- **Fuentes no convencionales de energías renovables (FNCER).** Son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCER según lo determine la UPME.
- **Generación distribuida (GD).** Es la producción de energía eléctrica, cerca de los centros de consumo, conectada a un Sistema de Distribución Local (SDL). La capacidad de la generación distribuida se definirá en función de la capacidad del sistema en donde se va a conectar, según los términos del código de conexión y las demás disposiciones que la CREG defina para tal fin.
- **Gestión eficiente de la energía.** Conjunto de acciones orientadas a asegurar el suministro energético a través de la implementación de medidas de eficiencia energética y respuesta de la demanda.
- **Respuesta de la demanda.** Consiste en cambios en el consumo de energía eléctrica por parte del consumidor, con respecto a un patrón

usual de consumo, en respuesta a señales de precios o incentivos diseñados para incluir bajos consumos.

- **Sistema energético nacional.** Conjunto de fuentes energéticas, infraestructura, agentes productores, transportadores, distribuidores, comercializadores y consumidores que dan lugar a la explotación, transformación, transporte, distribución, comercialización y consumo de energía en sus diferentes formas, entendidas como energía eléctrica, combustibles líquidos, sólidos o gaseosos, u otra. Hacen parte del Sistema Energético Nacional, entre otros, el Sistema Interconectado Nacional, las Zonas No Interconectadas, las redes nacionales de transporte y distribución de hidrocarburos y gas natural, las refinerías, los yacimientos petroleros y las minas de carbón, por mencionar solo algunos de sus elementos.
- **Zonas No Interconectadas (ZNI).** Se entiende por Zonas No Interconectadas a los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

4.3. APOORTE INTELECTUAL

Para el correcto desarrollo de este proyecto, hay varios aspectos importantes fruto de la investigación, que serán de gran utilidad para la evolución del método de trabajo que se planea implementar, especialmente del estudio realizado en Brasil, pues es el que posee la herramienta base de evaluación para cumplir con el objetivo del proyecto.

A partir del estudio doctoral que está desarrollando Marina Guimarães, se pudo determinar que el punto más importante para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto, es la precisa identificación de los aspectos estratégicos (drivers) de la cadena de suministro de las empresas regionales, ya que a partir de ellos, se fundamenta la estructura de la plataforma común que se busca rediseñar. Estos aspectos se deben relacionar con las áreas que en el país, se consideren de más impacto para el desarrollo de la generación distribuida.

Por otro lado, los estudios de Latinoamérica y Colombia, aportaron a la formación de una base para tener un criterio de evaluación que ayude a abstraer los puntos clave de las empresas de estudio en materia de generación distribuida. Se pudo observar que existen varios métodos de investigación y recolección de información; por un lado, en el caso de Brasil, el método se trata de la formulación de cuestionamientos a partir de reuniones con altos directivos de las compañías en conjunto con un amplio estudio literario, para crear la relación que existe entre sus estrategias de la cadena de abastecimiento y la energía distribuida, con el fin de resaltar las implicaciones de más peso en la internalización de generación energética. Por el otro lado, pero con el mismo fin, el método utilizado por el caso colombiano fue diferente, ya que se trató de la comparación de varios juicios de expertos en el tema, para, a partir de ahí, poder reconocer esas relaciones existentes entre las necesidades de las empresas y la internalización de generación de energía. Finalmente, el método utilizado por el estudio de Latinoamérica y el Caribe, mostró un método basado en estadísticas generadas por organismos gubernamentales para evaluar la viabilidad técnica, económica y legal de la generación distribuida.

Los tres casos son de gran ayuda para desarrollar un método en el que se tomen en cuenta las diferentes formas de obtención de información para generar un diagnóstico con bases fuertes, que junto con el correcto uso de los conceptos, genere impacto para la evolución de la energía distribuida renovable en Colombia.

En resumen, considerando el amplio alcance de las alternativas para el abastecimiento de energía, las razones para la internalización de la generación eléctrica deberán ir más allá de los aspectos financieros y es necesario medir las condiciones que permiten a las empresas establecer, mantener y usar capacidades más eficientes respecto a la competencia y el mercado.

5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

5.1. RECURSOS DISPONIBLES

- **Financieros:** no hay recursos externos, todos serán suministrados por los investigadores.

- **Tecnológicos:**
 - Computadores y programas referentes al proyecto como: Power Point, Excel, Project, Word, entre otros.
 - Internet y aplicaciones de comunicación como: Skype, Google +, entre otros.
 - Teléfonos celulares

- **Humanos:**
 - Tutor metodológico
 - Tutor temático
 - Encargada de investigación en Brasil
 - Directivos de las empresas de estudio
 - Investigadores

6. DESARROLLO DE OBJETIVOS

6.1. DESARROLLO OBJETIVO 1

IMPULSORES DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

En el sector eléctrico colombiano hay varios factores importantes que influyen la toma de decisiones respecto al abastecimiento de recursos energéticos. A partir de la revisión bibliográfica realizada por la estudiante de doctorado, Marina Guimarães Mattos, se encontró que los aspectos más

importantes de la cadena de suministro que tienen impacto en la internalización del abastecimiento de energía eléctrica en Brasil son: sostenibilidad, innovación tecnológica, precio de los productos, opciones de externalización y escasez de recursos. En el desarrollo de la investigación, se busca corroborar que los impulsores encontrados en este país, también hacen parte de la situación de Colombia.

Asimismo, en la revisión bibliográfica realizada por las autoras, se encontró dos impulsores más, que podrían ser una razón importante a la hora de tomar la decisión de implementar proyectos de generación distribuida, estos son: confiabilidad y calidad, y flexibilidad.

SOSTENIBILIDAD

Durante el lanzamiento oficial de la ley 1715 de 2014, el Presidente del Senado destacó la importancia del uso de energías no convencionales en el Sistema Energético Nacional (Name, 2014). Se discutió que gracias a la gran disponibilidad de recursos hídricos en Colombia, las empresas inicialmente optaron exclusivamente por la generación energía a partir de estas fuentes, lo cual produjo riesgos ambientales, tales como la disminución de caudales y calidad del agua, el desplazamiento de la fauna terrestre, la pérdida de cobertura vegetal, entre otros; lo que permitió deducir que la dependencia de este recurso es insostenible a largo plazo. Es por esta razón, que las nuevas políticas están en la mira de un mayor desarrollo sostenible en el país, que sea integral y que ayude a diversificar la matriz energética colombiana.

Por otro lado, existe una iniciativa llamada Colombia Inteligente (CI), conformada para el desarrollo de nuevas tecnologías y la evolución del sistema eléctrico junto con otros sectores principales que influyen el SEC. Su objetivo es alcanzar una buena eficiencia a nivel mundial a través de la implementación de procedimientos de uso energético y proyectos específicos para lograr beneficios para el país. Además, es una estrategia que define los principales objetivos para lograr un sistema eléctrico sostenible y eficiente, lo cual se determinó como un punto clave para maximizar los beneficios de los proyectos. Esta iniciativa es apoyada por el Programa Nacional de Redes

Inteligentes (PRIC), el cual tiene objetivos y planes de acción comunes con la CI, y estableció que los esfuerzos deben hacerse para lograr objetivos concretos a corto plazo, pero alineados con los objetivos a largo plazo del marco estratégico (Céspedes, Parra, Aldana, Ruiz, & López, 2011).

Colombia es un país competitivo para recibir los beneficios que las redes inteligentes pueden traer, ya que hay muchos territorios desconectados de la red nacional y la mayoría de las grandes industrias están alejadas de las ciudades, por lo tanto son candidatos adecuados para la GD. Así lo propone un informe realizado sobre el esquema de estas redes en el sistema de potencia colombiano (González, Restrepo, Isaac, & López, 2011), en el cual se describen algunas tecnologías de almacenamiento energético, y sustenta que la GD puede desarrollarse fácilmente e ir creciendo a medida que lo hace la demanda, a diferencia de las centrales hidroeléctricas, en las cuales es difícil cambiar su capacidad; todo esto demuestra que éste tipo de tecnología será eficientemente utilizada en el largo plazo.

Como se pudo percibir, la sostenibilidad representa un gran causante para que las empresas logren un mayor aprovechamiento de los recursos nacionales, aumenten el potencial de aplicación de nuevas tecnologías en materia de energía y a su vez, para que puedan aumentar su capacidad de respuesta a la creciente demanda que se presentará en un futuro.

CONFIABILIDAD Y CALIDAD

Como señala la CEPAL, "La red de hoy en día fue diseñada y construida prevalentemente en una época durante la cual la energía eléctrica era relativamente barata y abundante, siendo la prioridad la expansión de la electrificación" (CEPAL, 2010). En Colombia, como se explicó anteriormente, existe un tipo de abastecimiento basado en un recurso de gran abundancia que, en el pasado, presentaba una gran eficiencia, pero actualmente el recurso hídrico está en constante agotamiento y las redes están pasando a nuevas fases que apuntan al desarrollo de la generación distribuida y al mejoramiento de la eficiencia en la red energética, entre otros factores. Hay ciertos aspectos

que impulsan a la actualización de la red, entre ellos, que la red actual es demasiado obsoleta (Climate, 2009).

Al tratarse de un país en vía de desarrollo, la calidad y confiabilidad del abastecimiento energético son fundamentales para lograr el sostenimiento de una economía en etapa de crecimiento, lo cual se puede alcanzar de forma rápida y sustentable si se implementa un buen diseño y un plan de desarrollo de infraestructura eléctrica proyectado hacia el largo plazo desde su inicio, no sólo en Colombia, sino en toda Latinoamérica. (CEPAL, 2010).

El contexto de transformación de la generación centralizada en distribuida, ha limitado el acceso al mercado para los generadores a pequeña escala, pues la red actual fue diseñada para transportar cargas constantes y predecibles (CEPAL, 2010). A partir de esto, los reguladores de energía deben reformular el método del mercado eléctrico con el fin de garantizar buenas condiciones a esos pequeños generadores, para el funcionamiento en la distribución de energía.

Al momento de ofrecer un abastecimiento de buena calidad, es importante para empresas el sector eléctrico la inclusión del consumidor en la cadena de valor, siendo las organizaciones los entes centrales. Una de las características más importantes de una red distribuida es que tiene la capacidad de soportar un flujo de energía bidireccional, es decir, que integra la capacidad de generación con la participación activa de las empresas, en la que pueden proveer energía a otros usuarios (Díaz & Hernández, 2011). Por esta razón, en este tipo de generación es importante tener seguridad en el abastecimiento de energía. La integración de las compañías hace que las partes del sector eléctrico tomen en cuenta la información proporcionada por éstas, para desarrollar una operación más eficiente de la red eléctrica.

Las empresas son las partes más importantes en la cadena de suministro, pues son el eslabón final para cumplir con un abastecimiento energético seguro y de buena calidad, además, la retroalimentación que de éstas pueda derivarse es trascendental para realizar mejoras en las nuevas redes eléctricas no convencionales que puedan implementarse en el futuro.

En este ámbito, la gestión de la demanda juega un papel importante, ya que en Colombia, ésta se limita a medir, facturar y recaudar, lo cual resulta en una mala comunicación entre las empresas y los usuarios, pero el punto a favor de las corporaciones es que tienen la posibilidad de escoger los proveedores de energía, ya sea mediante las entidades gubernamentales o la bolsa; el limitante está en las grandes distancias entre las empresas y la red de interconexión, pues las pérdidas energéticas aumentan y no se puede garantizar un suministro eléctrico totalmente confiable. Además, la demanda aumenta y depende cada vez más del flujo eléctrico y, a su vez, exige mayor calidad del suministro; esto genera limitaciones desde el punto de vista de la oferta porque hace ver a la demanda como un elemento participativo en el ajuste necesario en el balance de la generación y la carga. La capacidad de respuesta a la demanda es uno de los criterios que impactan el aumento de la eficiencia en el uso de electricidad y también, se enfoca en buscar mecanismos que integren a la empresa y el usuario para que la demanda pueda ser tomada como un recurso más y se pueda lograr el balance necesario.

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

“Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han revolucionado ya el mundo de la banca y muchas industrias. De forma análoga la red eléctrica representa un gran mercado para la aplicación de las TIC ya que mediante ellas se podrán automatizar muchas operaciones tales como la medida, la facturación, las operaciones de transporte y distribución, etc.” (Valero, 2010).

Las empresas de Colombia necesitan innovar de forma sostenible para crecer y progresar. Aunque la transmisión y distribución eléctrica se rigen por el modelo actual desde hace muchos años, las redes eléctricas se convirtieron en una gran cantidad de nodos interconectados que están perdiendo el potencial de sostenimiento, pues los puntos de consumo están descentralizados en una red de transmisión unidireccional, por lo tanto necesitan la implementación de nuevas tecnologías que permitan reemplazar éstas plantas centralizadas por sistemas distribuidos, que tengan un valor agregado mediante el uso de energías renovables, la gestión activa de la demanda y los sistemas de

almacenamiento. Esto permitirá a las compañías convertirse en fuentes de energía autosustentables, en lugar de ser simples receptores inactivos de electricidad, como se ha venido desarrollando durante mucho tiempo (Boal, 2010). En el caso colombiano, el sector con mayor potencial y evolución en este tipo de generación es el agroindustrial, ya que poseen una gran disponibilidad de desechos orgánicos para usar la biomasa como combustible, por lo que es más fácil para éste tener un auto-sustento en energía y abastecer su demanda, además de que pueden tener excedentes energéticos. El desarrollo de la GD en otros sectores diferentes al agroindustrial es incipiente, pues no ha habido mayor evolución en el estudio de biocombustibles alternativos para otras industrias.

En general, las empresas visualizan el impacto de las redes de GD en todos los eslabones de la cadena de suministro de energía, la cual se basa en la implementación de tecnologías que influyen en la eficiencia del proceso y su calidad. El panorama general es que el uso de estas tecnologías y su impacto se regulen mediante la integración de todos los componentes para lograr un aumento en la eficiencia del abastecimiento energético.

En Colombia, la tecnología destinada al uso de las energías renovables con aplicabilidad en redes inteligentes es muy limitada y sólo se han desarrollado mecanismos para el calentamiento de agua, mientras que las inversiones en pro de alternativas de generación eléctrica son prácticamente nulas. El emprendimiento en el país respecto a desarrollos tecnológicos para el uso de energías no convencionales se ha restringido, debido a que no existe una visión sobre la viabilidad del potencial de este tipo de generación como fuente de negocio, además, se destinan pocos fondos para investigación y desarrollo y no hay relaciones entre las industrias y los centros investigativos (Name, 2014). Todos estos factores se traducen en la necesidad de evolución e inversión en tecnología para optar por la implementación de las redes de energía distribuida en el país.

Por esto, es importante resaltar el papel que la innovación tecnológica está llamada a desempeñar en la internalización de generación de energía en las empresas. Gracias al rápido avance de la tecnología, se están originando

cambios en el diseño y operación de la red eléctrica, los cuales buscan el mejoramiento en la estabilidad, en la operación y busca también eliminar gran parte de las alteraciones eléctricas. Además, estos cambios permitirán una mayor penetrabilidad de las energías renovables en el sistema eléctrico, lo cual significará una difusión de la generación distribuida en micro redes locales. Según el CIRCE³ la implementación de nuevas tecnologías busca incrementar la eficiencia, la simplificación del sistema convencional, el incremento de la capacidad de respuesta, el mejoramiento la calidad en la red, la disminución de costos por kWh y disminución de la aleatoriedad en el abastecimiento eléctrico (CIRCE, 2010).

El objetivo principal de las redes de generación distribuida es desarrollar un suministro más eficiente y fiable, que mejore la calidad del abastecimiento para que haya una mejor adaptabilidad a los avances de la era digital. Por esta razón, la innovación en tecnología es un factor clave para evaluar el potencial de la GD en las empresas.

FLEXIBILIDAD

Actualmente, las empresas en Colombia dependen exclusivamente del fabricante o entidad prestadora del servicio eléctrico, por lo tanto se deben buscar los elementos de flexibilidad que sean necesarios para que los proyectos que se implementen en cuanto a energías no convencionales, puedan evolucionar de una forma acorde a los estándares que se adopten en el mundo a futuro.

La red eléctrica tradicional del país es una red unidireccional, pues el flujo de energía siempre va desde los productores hacia los consumidores, por lo cual los beneficios no son proporcionales al número de usuarios de la red (Trillos, 2012). Esta situación permite deducir que es necesario un sistema flexible para lograr la implantación de redes inteligentes, ya que éstas necesitan el soporte de un flujo de energía bidireccional que incorpore y aproveche la capacidad de

³ Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos

almacenamiento y GD, con un rol activo para los usuarios en el cual puedan ser aptos para suministrar energía a otros (Zapata, 2011).

Como se dijo anteriormente, la GD puede reducir significativamente los apagones que se presentan en las empresas al estar conectadas a la red centralizada, pues un error en la parte operativa del sistema eléctrico puede traer serias consecuencias de estabilidad en las operaciones de las compañías, debido a que hay fallas en la red y cambios de potencia en el sistema eléctrico, entonces se pueden ver afectados los equipos y aparatos que dependan del sistema, además puede haber colapsos por frecuencia y tensión. Por esta razón, en el país es importante contar con un sistema flexible que permita a los auto-generadores adaptarse a su red para mejorar la confiabilidad del servicio (Carvajal & Marín, 2012).

A partir de esto, uno de los objetivos principales que se plantea para beneficio de las empresas es la flexibilización del sistema, para que pueda albergar tanto la generación centralizada, como todas las opciones de generación distribuida y almacenamiento vinculadas con el sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

La CI ha identificado varios aspectos estratégicos que motivan la conformación de grupos de trabajo de gran importancia para las empresas del SEC, entre los cuales se encuentra la eficiencia en la cadena de suministro (CINTEL, 2012). Ésta tiene gran importancia porque permite mantener, operar y disponer de las redes con una mayor capacidad y flexibilidad. Además, el hecho de que se involucre al consumidor final a través de una gestión efectiva de la demanda, genera un mayor aporte a la eficiencia de las redes inteligentes, ya que pueden mitigar el crecimiento de necesidad de abastecimiento energético.

PRECIO DE LOS PRODUCTOS

Para implementar la generación distribuida en el país es necesario que el estado brinde apoyo a las empresas en beneficio del uso de fuentes de energías alternativas a través de subsidios, disminución de impuestos, tarifas especiales, formación para la implementación de este tipo de energías en el abastecimiento e incentivos mediante nuevas políticas (Álvarez & Serna, 2013).

La participación de GD en Colombia es mínima pero tiene un gran potencial, por ello es necesaria la intervención del estado porque existen varios problemas como costos energéticos muy altos en cuanto a inversiones en tecnología y generación de energía, hay una aceptación muy baja en el mercado, tabúes sobre el uso de nuevas tecnologías, entre otros.

Algunas empresas han disminuido su dependencia de los grandes proyectos de energía convencional, lo cual es bueno, ya que los precios de la energía eléctrica aumentan notablemente cuando hay periodos de escasez. La parte negativa es que, debido a esto, las empresas comenzaron a hacer un mayor uso de combustibles fósiles para la generación de energía; por lo que las compañías se ven afectadas por la inestabilidad en los precios de combustible, y sus procesos energéticos causan alta contaminación ambiental (Carvajal & Marín, 2011).

Debido a la volatilidad del costo de la energía eléctrica tradicional durante los cambios energéticos que se presentan durante el día a causa de las variaciones de la demanda, la GD tiene potencial para minimizar los costos de la energía en los períodos pico, principalmente en las industrias. Gracias a esto, las empresas que tengan un contador bidireccional (sistema que mide simultáneamente el consumo y la producción de energía, para realizar cobro por la diferencia entre estos), podrían autogenerar energía en los picos de demanda, en los cuales son más caros los costos de electricidad y así, podrían reducir costos en el abastecimiento de la demanda (Álvarez & Serna, 2013).

Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de las empresas en Colombia se encuentran en zonas rurales o no interconectadas, en las cuales no se cuenta con un suministro energético eficiente, pues la interconexión a la red convencional es muy costosa. Por esta razón, es de vital importancia para las empresas que hayan incentivos económicos que las motiven a generar electricidad a partir de energías alternativas. En materia de esto, existe la Ley 788 de 2002, donde se propone una exención del impuesto de renta durante 15 años.

Para beneficio del país, se podrían plantear iniciativas estatales que impulsen la introducción de GD en las empresas, tales como subsidios para energía no convencional, disminución de costos de los impuestos y más alternativas crediticias, instauración de tarifas especiales para generadores de energías renovables, evaluación del potencial del uso de nuevas tecnologías, entre otras posibles soluciones (Álvarez & Serna, 2013).

ESCASEZ DE RECURSOS

A nivel global, la escasez de recursos hace referencia al aseguramiento del suministro de materias primas y al acceso a nuevas tecnologías, observando las restricciones legales y medioambientales. Colombia cuenta con recursos para lograr la implementación de fuentes alternativas de energía como la eólica, solar, geotérmica, biomasa y cogeneración. Por esta razón, los empresarios han detectado un potencial para la inversión, decisión y desarrollo en tecnologías de GD (Álvarez & Serna, 2013). Es importante resaltar que las formas de generación que tienen mayor desarrollo en el país son la biomasa y la cogeneración, pues las condiciones geográficas y económicas del país no permiten una evolución de los otros tipos, ya que algunas requieren de grandes extensiones de terreno o infraestructura de las empresas para generar una cantidad de energía que sea competitiva.

En el país se considera que se promueve la GD en su plan nacional de desarrollo al establecer normativas que impulsan a generar incentivos para la generación de energía a partir de energías alternativas, ya que por su ubicación privilegiada cuenta con diversos recursos para implementar tecnologías limpias y garantizar un suministro energético eficiente en Zonas No Interconectadas, situación que ya se viene presentando a pequeña escala, pero que es iniciativa privada en su gran mayoría (Rodríguez & Guerrero, 2013).

En el pasado, la producción de energía se daba en sitios cercanos a las ciudades o consumidores, lo cual hacía seguro su abastecimiento, pero debido al rápido crecimiento industrial es que se piensa la GD como una alternativa de

solución a la saturación de la red eléctrica, la contaminación del medio ambiente y el agotamiento de recursos (Rodríguez & Guerrero, 2013).

OPCIONES DE EXTERNALIZACIÓN

Para garantizar un abastecimiento energético estable de forma constante, una opción viable para las empresas que cuenten con excedentes de energía, es que éstos se puedan entregar al Sistema Interconectado Nacional con respaldo del estado. También es importante que se reconozca la participación de las empresas que tienen proyectos de autogeneración y cogeneración en el mercado energético mayorista. Además, es trascendental que la legislación permita la participación y competencia de forma proporcional con las empresas generadoras (Londoño, 2012).

En el plan nacional de Colombia se desarrolló reglamentación que promueve el aseguramiento de un suministro energético eficiente mediante la participación de auto-generadores en el mercado. Antes de esta nueva legislación, las empresas solo podían autogenerar energía para su propio consumo, desaprovechando los excedentes energéticos. Ahora, esta posibilidad se expandió para beneficio de todos los auto-generadores sin importar los tipos de recursos que usen para la generación. Estos remanentes pueden ser negociados según las especificaciones de la CREG. Es importante resaltar que este tipo de negociaciones las pueden hacer generadores a pequeña escala, según la UPME (Rodríguez & Guerrero, 2013).

Por otro lado, los incentivos económicos también son relevantes para la venta de excedentes en las empresas, como parte de esto, en la Ley 788 de 2002 se propuso una exención del impuesto de renta durante 15 años para las empresas que generen energía por medio de recursos eólicos, biomasa o residuos agrícolas (Álvarez & Serna, 2013).

6.2. DESARROLLO OBJETIVO 2

A partir de la revisión de literatura, se determinaron los impulsores más relevantes que impactan en la toma de decisiones de las empresas al momento de evaluar el potencial que pueden tener las redes de energía distribuida

implementando energías no convencionales, todo esto en el panorama colombiano.

Haciendo uso de la información recolectada, se hará el diseño de la herramienta que será utilizada para evaluar a las corporaciones de Colombia, teniendo en cuenta los aspectos de la CS encontrados en Brasil y los que se definieron para Colombia, con el propósito de hacer una comparación entre ambos países.

A continuación, se muestra la matriz desarrollada por la autora que se empleó en el estudio en el cual se basó este proyecto:

Aspectos de la CS	Dimensiones clave		
	Legal	Económico	Estratégico
Sostenibilidad	++	+++	+++
Escasez de recursos	-	-	+
Precio de productos	+	+	++
Innovación tecnológica	+++	+++	++
Opciones de sourcing	-	-	+

Ilustración 1. Matriz de autoevaluación

Fuente: (Mattos M. , 2014)

En esta matriz se evalúa el nivel de importancia que tienen los aspectos de la cadena de suministro (CS) en las dimensiones legal, económica y estratégica; siendo la importancia calificada como total (+++), parcial (++), baja (+) o ninguna (-) y las respuestas representan cada uno de los proyectos de generación distribuida descritos en el estudio.

Para consolidar el estudio en ambos países, se incluyeron los dos aspectos que se encontraron como posibles impulsores en Colombia: confiabilidad y calidad y flexibilidad. Además, se sugirió un enfoque en el que se puedan cuantificar los resultados, en lugar de presentarlos cualitativamente. Para esto,

se determinará el de impacto que tienen los aspectos de la CS en Colombia, calificando el nivel de importancia de 1 a 5, siendo 5 la razón principal de implementación, 4 muy importante, 3 medianamente importante, 2 poco importante y 1 ninguna importancia. Para ejemplificar esta modificación, se presenta la forma de la herramienta adaptada a la información encontrada:

MATRIZ DE AUTOEVALUACIÓN			
De acuerdo con su experiencia califique con un nivel de importancia de 1 a 5 cada cuadro de la matriz, siendo 1 ninguna, 2 baja, 3 mediana, 4 alta y 5 razón mas importante, que usted considera para la implementación de generación distribuida a través de estas tres dimensiones.			
Dimensiones factores	Legal	Económico	Estratégico
Confiabilidad y calidad	4	5	2
Sostenibilidad	2	4	2
Escasez de recursos	2	5	4
Innovación tecnológica	3	4	4
Flexibilidad	3	3	2
Precio de productos	1	3	4
Opciones de externalización	1	2	2

Ilustración 2. Matriz de autoevaluación Colombia

Fuente: adaptada por autores

La herramienta fue diseñada en Excel, ésta cuenta con varias pestañas de información. Está compuesta de una introducción, un glosario de términos para hacer más fácil la comprensión del usuario, un cuadro para consolidar la información de las empresas, una guía del usuario en la cual se explica la dinámica de la herramienta, un cuestionario que se divide en dos partes: preguntas sobre impulsores y preguntas sobre retos y estrategias, una autoevaluación y finalmente, un cuadro de resultados para mostrar el comportamiento de los datos recolectados.

La aplicabilidad de esta herramienta genera resultados de dos formas distintas: en la primera, se evalúan las empresas a partir de la generación de preguntas que permitan determinar cuantitativamente el nivel de importancia de los aspectos de la CS. Para esto, se encontraron tres razones potenciales por las cuales cada aspecto de la cadena podría ser un impulsor en las tres dimensiones a evaluar. La estructura de cada pregunta se ejemplifica a continuación:

CUESTIONARIO

SOSTENIBILIDAD

1. la sostenibilidad es un impulsor desde el punto de vista legal porque:

a. la legislación apoya políticas sostenibles de objetivos públicos ambientales

b. brinda ventajas competitivas como impuestos públicos, certificados de energías, incentivos para energías renovables, cotizaciones de producción y/o créditos fiscales

c. hay incentivos legales para la sostenibilidad, protección ambiental y equidad social, que fomanta la generación de energía para venta al por menor

2. la sostenibilidad es un impulsor desde el punto de vista económico porque:

a. hay un uso eficiente de los subproductos del proceso

b. hay compromiso en la reducción de la huella de carbono

c. hay compromiso en el uso de residuos

3. la sostenibilidad es un impulsor desde el punto de vista estratégico porque:

a. hay un mejoramiento en la imagen social y medioambiental

b. el proyecto de generación ayudo a la diferenciación de marca y a informar a los consumidores sobre los aspectos ambientales

c. genera beneficios a largo plazo más allá de las ganancias económicas

5: razón principal
4: alta importancia
3: mediana importancia
2: baja importancia
1: ninguna importancia

Ilustración 3. Cuestionario
Fuente: autores

La segunda parte del cuestionario consta de varias preguntas abiertas que se sugirieron para encontrar los retos y estrategias de las empresas al momento de tomar decisiones de internalización de generación de energía, como se muestra a continuación:

RETOS Y ESTRATEGIAS	
R E T O S	22. ¿Qué clase de residuos genera el sistema?
	<input type="text"/>
	26. ¿Cuáles son los limitantes del abastecimiento de energía convencional?
	<input type="text"/>
	27. ¿Qué tipo de limitaciones existen para los proyectos de autogeneración con los que cuenta?
	<input type="text"/>
	28. ¿Con qué objetivo principal invertiría en tecnología de energías no convencionales?
	<input type="text"/>

Ilustración 4. Retos y estrategias
Fuente: autores

Después de responder el cuestionario, los entrevistados realizan una autoevaluación según los criterios generados por los autores del proyecto, empleando la matriz de autoevaluación que se mostró anteriormente. A continuación, se muestra la estructura de la matriz de autoevaluación, relacionando cada aspecto de la cadena de suministro con las dimensiones a evaluar en el estudio: legal, económica y estratégica.

Dimensiones factores	Legal	Económico	Estratégico
Seguridad y calidad	Garantía de buenas condiciones para generadores no convencionales	Reducción de costos de producción	Aumentar la confiabilidad
Sostenibilidad	Nueva legislación ambiental	Integración de residuos y salidas al proceso	Imagen social y medioambiental
Escasez de recursos	Restricciones en el uso de recursos	Mejorar la eficiencia de recursos	Reducir la vulnerabilidad
Innovación tecnológica	Apoyo de nuevos requerimientos legales	Volverse un proceso económicamente viable	Incrementar capacidad de respuesta
Flexibilidad	Adaptabilidad a nuevos requerimientos legales	Estabilidad operacional	Aumentar la competitividad
Precio de productos	Impuestos y cambios reglamentarios	Incertidumbre económica	Demanda creciente
Opciones de externalización	Desregulation en el mercado de energía	Reducir los costos de producción	Mejorar la confiabilidad

Ilustración 5. Relación Impulsores/Marcos
Fuente: adaptada por autores

Para observar el comportamiento de los resultados, se empleó el tipo de gráfico "radial" ya que permite comparar los niveles de importancia de los impulsores de la CS y visualizar fácilmente los resultados del cuestionario y de la autoevaluación, como se muestra a continuación:

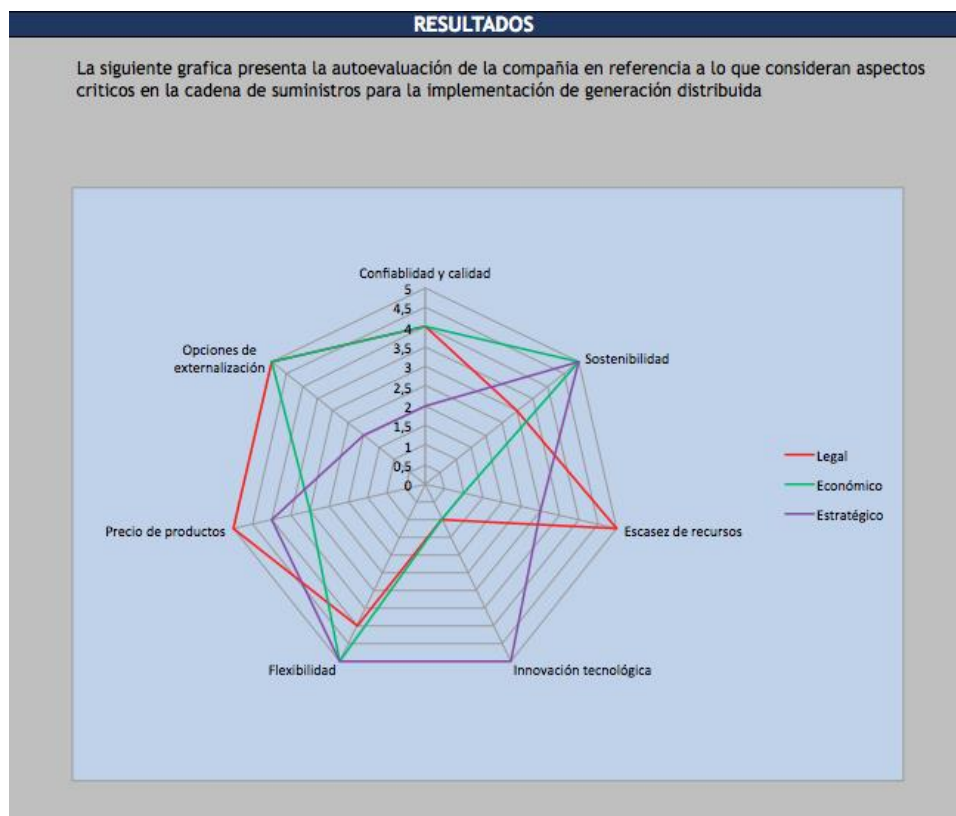


Ilustración 6. Gráfica radial
Fuente: adaptada por autores

La matriz de evaluación fue empleada exclusivamente en corporaciones globales de Brasil, pero no se especifica la motivación para hacer la evaluación solo en ese sector. Por lo tanto, se determinó la importancia de incluir el estudio de los ingenios, ya que han alcanzado una eficiencia en generación de energía mediante cogeneración y biomasa, con la cual han logrado aumentar su potencial a tal punto de generar importantes excedentes de energía para ser comercializados en las redes de interconexión eléctrica.

PROTOCOLO DE ACERCAMIENTO A LAS EMPRESAS



INTRODUCCIÓN

En la universidad ICESI, dos estudiantes de ingeniería industrial realizan una investigación de la implementación de generación distribuida a través del proyecto de grado “Impulsores, retos y estrategias para la generación distribuida en grandes empresas de Colombia”, el cual se originó a partir de un estudio doctoral realizado por Marina Mattos de la Universidad de Minas Gerais de Brasil. El proyecto abarca los aspectos de la gestión de la cadena de suministro que contribuyen en la estrategia de las empresas regionales, en relación con el abastecimiento de energía a través de siete áreas: seguridad y calidad, sostenibilidad, escasez de recursos, innovación tecnológica, flexibilidad, precio de producto y opciones de externalización.

Para el estudio de estas variables se desarrolló una herramienta de evaluación, ésta es una adaptación de la creada por Marina Mattos, que pretende evaluar el grado de importancia de los aspectos de la cadena de suministro en los ámbitos legal, económico y estratégico para la implementación de Generación Distribuida en grandes empresas de Colombia.

ACERCAMIENTO A LAS EMPRESAS

Para realizar la prueba piloto a las empresas, primero se hace contacto vía telefónica o correo electrónico para concretar una cita. Si la empresa se encuentra en la ciudad de Cali o sus alrededores, el acercamiento se hará mediante una visita personalizada; si se encuentra afuera, la entrevista se hará por medio de videoconferencia.

USO DE LA HERRAMIENTA

Durante el desarrollo de esta herramienta, fueron necesarias varias validaciones con la autora de la investigación en la que se basa este proyecto. A lo largo de este proceso, se realizaron varias actividades para consolidar la herramienta.

En primer lugar, se analizó lo realizado con la tutora del proyecto. Después de haber obtenido su aprobación, se prosiguió a la validación de la herramienta con la autora, para lo cual fueron necesarias dos videoconferencias.

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

Después de implementar la herramienta en las empresas, se diferenciarán los resultados obtenidos de la situación en Brasil y se encontrarán los puntos clave del estudio en Colombia para determinar cuáles son los factores más importantes que impulsan a las empresas a implementar proyectos de Generación Distribuida en el país.

RETROALIMENTACIÓN EMPRESAS

Por último, se dará una retroalimentación a las empresas sobre los resultados y análisis obtenidos del estudio, para dar a conocer la situación actual de este tema. Esto se hará mediante un documento con las conclusiones.

6.3. DESARROLLO OBJETIVO 3

Durante el desarrollo del trabajo de campo, se estudiaron un total de ocho (8) empresas de principalmente dos sectores, donde se tuvo la oportunidad de hablar con las personas encargadas de la gestión energética en cada una de ellas. Las entrevistas se realizaron con el fin de recolectar diferentes perspectivas en cuanto a las iniciativas de energía distribuida. Cada entrevista tuvo una duración aproximada de una hora y contempló varios aspectos: desencadenantes de las decisiones energéticas, costos energéticos, mejoras tecnológicas en los proyectos, requerimientos y planes de sostenibilidad, eficiencia de los subproductos de los procesos y opciones de externalización de energía.

A continuación, se muestra una tabla con las empresas evaluadas, su sector y el tipo de proyecto de GD con el que cuentan:

Tabla 2. Casos de estudio de Colombia

Empresa	Sector	Tipo de proyecto
Compañía A	Azucarero	Cogeneración
Compañía B	Azucarero	Cogeneración
Compañía C	Azucarero	Cogeneración
Compañía D	Azucarero	Cogeneración
Compañía E	Papelero	Cogeneración
Compañía F	Azucarero	Cogeneración
Compañía G	Papelero	Cogeneración
Compañía H	Asociación	Cogeneración

Fuente: autores

6.3.1. CARACTERIZACIÓN CASOS DE ESTUDIO

Compañía A

La compañía A es una compañía del sector azucarero, que produce energía, alcohol carburante, compost y azúcar. Esta es una empresa agroindustrial y su

base de producción es la caña de azúcar. Es una compañía que produce alrededor de 30 a 35 MW de energía eléctrica que se genera a partir de biomasa, el bagazo de la caña y un porcentaje de carbón, estos componentes son usados como combustible para la producción de energía eléctrica y térmica. La empresa podría generar solamente a partir del bagazo, pero encuentran más rentable hacer un intercambio con la industria papelera, que consiste en enviar un porcentaje de bagazo al sector papelerero y ellos retribuyen esto con carbón representado en componente energético, que se ve reflejado en utilidades para la compañía A.

La producción de energía en la organización despacha 14 MW a la red y 15 ó 16 MW es lo que utiliza el complejo industrial para su funcionamiento. Esta generación depende de la caña, ya que de esta se obtiene el biocombustible para las calderas de cogeneración. La planta cuenta con una turbina de condensación para generar una mayor cantidad de kWh y también tiene una de contrapresión que es alimentada por el vapor de la caldera, la cual mantiene la turbina que genera un vapor de presión, el cual es utilizado para todo el proceso de cogeneración que la compañía maneja. Ésta opera un negocio adicional, el de residuos orgánicos utilizados como abono para la tierra, fomentando el desarrollo y conservación del terreno usado para la producción de esa materia prima.

Desde el 2007 se tomó la decisión de cogenerar, ya que se vio como una oportunidad de desarrollo y un negocio atractivo para impulsar la empresa, pues se pasó de ser consumidores a proveedores de energía. Este es un proceso que va de la mano con la parte legal, ya que son los que imponen las normativas y reglamentos para poder llevar a cabo proyectos de este tipo. Además del proyecto de cogeneración, la compañía cuenta con pequeñas aplicaciones de proyectos con energía solar que genera 24 KW que permite generar una pequeña parte de las necesidades de una edificación. Gracias a estos proyectos se logra reducir las emisiones de carbono, lo que aporta una mejor imagen ambiental a la empresa.

Compañía B

La empresa B es una empresa agroindustrial que ha tenido participación en el mercado nacional e internacional en la producción y comercialización de azúcar, miel y alcohol. Ésta tiene un gran porcentaje de participación en este sector a nivel nacional. La materia principal de esta empresa es la caña de azúcar, la cual genera bagazo después de la extracción de su jugo, que es utilizado como combustible para la generación de energía térmica y energía eléctrica. Esta compañía cuenta con una planta de cogeneración, que permite generar el 100% de la energía eléctrica y el vapor que necesitan las operaciones de la fábrica y también genera excedentes, los cuales son vendidos a la red eléctrica.

El subproducto que genera esta empresa ha traído grandes beneficios para la misma, pues es tomado en cuenta por ésta como un residuo que tiene potencial para producir ganancias económicas, ahorrar costos y reducir el impacto ambiental. Actualmente la empresa está generando 36 MW, de los cuales, una parte suple las necesidades energéticas de la planta, con lo que se ahorran los costos de suministro de electricidad; y la otra parte es comercializada, actividad que genera ingresos.

Además, la empresa B obtiene beneficios externos que surgieron a partir de la implementación de la planta de cogeneración, que vienen ligados a la reducción de emisiones de CO₂. En este negocio se contrata una firma para evaluar el proyecto desde el punto de vista del impacto positivo que se ha generado, es decir, cuántas toneladas de CO₂ ha dejado de emitir desde la implementación del proyecto, y a partir de esto, se les atribuyen unos bonos que tienen un valor financiero.

En esta industria se aprovechan al máximo los residuos generados por el proceso, lo cual ha permitido a esta empresa ser mucho más sostenible en el largo plazo a partir de la utilización de energías no convencionales y, además, han abierto las puertas a que se viabilicen proyectos de este tipo en la región.

Compañía C

La compañía C tuvo sus inicios en 1926 y el proceso de cogeneración ha sido inherente desde entonces, y se han aprovechado las energías térmica y eléctrica para el proceso de producción. Después del '98, gracias a la reforma del sector energético en el '94, se identificó el potencial que generaría la empresa, al convertirse en una fuente adicional para el sistema interconectado, además de poder autoabastecerse de energía eléctrica y producir combustible renovable y limpio como es la biomasa, en este caso el bagazo de la caña de azúcar, el cual tenía usos diferentes antes de descubrir su potencial calorífico, pero gracias a los avances tecnológicos y científicos, se convirtió en un subproducto útil para la generación de energía.

En suma, la industria papelera también usa este co-producto como materia prima para la producción de papel, negocio muy atractivo y rentable para la Compañía C, ya que debido a la posibilidad de ampliación de las plantas de cogeneración, se ha hecho más competitivo y ha logrado alcanzar altos niveles de producción de bagazo, que les permite abastecer las partes estratégicas del sistema. Aunque para obtener mayores utilidades se hace un cambio de materia prima entre esta compañía y la industria papelera, que consiste en dar bagazo por carbón representado en la misma cantidad energética, pues el bagazo para pulpa de papel se vende a un precio que logra competirle a este como insumo para la producción de energía.

Otro proceso con el que cuenta la compañía c es el compostaje, que consiste en producir abono orgánico, que sirve para el cuidado de la tierra usada para la producción de caña. En la empresa se busca dar al azúcar valor agregado y obtener mejores precios, esto a través de la transformación de la misma por medio de otras empresas, para ser convertida en productos como ácido cítrico orgánico natural o insumos para producto farmacéuticos, alimenticios, entre otros. Esto evidencia el crecimiento de la agroindustria, de tal forma que se pueda crecer en biomasa, es decir que se tengan mayores necesidades de ella. Por ello es importante crecer en cogeneración y hacer uso conjunto del crecimiento de oferta y demanda con los biocombustibles.

Finalmente la compañía C, cuenta con un subproducto que queda del etanol, que es la vinaza, que se obtienen de la destilación de este, el cual es orgánico, un nutriente que es aprovechado por la empresa para ser sostenible. La vinaza es llevada a compostaje, que es rico en nutrientes, con el fin de optimizar el uso de las materias primas y obtener mayor utilidad de todo los procesos.

Compañía D

La compañía D, de igual forma, es una empresa agroindustrial, dedicada a la producción y comercialización de azúcares y mieles. Posee grandes terrenos destinados al cultivo de caña de azúcar. Esta empresa contribuye con la producción de energía limpia mediante sistemas de cogeneración, lo cual les ha permitido mejorar social e industrialmente.

Este sistema de cogeneración nació más que como una necesidad de autogenerar energía, surgió como negocio por la demanda que había en el momento y además, la empresa tenía la visión de volver sus procesos mucho más eficientes al usar el mismo combustible, que generara mayores beneficios económicos para la empresa.

La planta tiene capacidad para generar 32 MW, en este momento están alrededor de 29 MW. La empresa no vende más de 20 MW de su capacidad en excedentes, por lo que son un generador menor. Venden alrededor de 17,5 MW con picos de 19 y hasta 20. El proceso de producción consume alrededor de 11,3 MW. El proyecto tiene la opción de trabajar con sólo carbón, sólo bagazo o una mezcla de los dos. Por la capacidad de la planta, se trabaja con una mezcla de aproximadamente 80% bagazo y 20% carbón.

Compañía E

La compañía E es una empresa del sector papelerero, dedicada a la fabricación de empaques de cartón y corrugado, pulpa y papel. Tiene una visión estratégica sobre la sostenibilidad, pues hacen un manejo responsable de los recursos y pretende mejorar el desarrollo del país. Además, cuenta con áreas forestales propias para lograr tener una integración vertical de sus procesos,

que empieza desde la semilla del árbol hasta el producto final, con lo cual logran garantizar completamente el suministro de materia prima y el producto para ser llevado al cliente final.

Esta empresa trabaja con prácticas comerciales basadas en el desarrollo sostenible a largo plazo, pues tienen un compromiso muy claro en cuanto a varios aspectos, como las emisiones, los residuos y el abastecimiento sostenible. Parte de esto se logra mediante la reducción del consumo de ciertos tipos de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero, implementando sistemas energéticos no convencionales y más eficientes, como las plantas de cogeneración combinada (CHP) y energías alternativas como la biomasa.

La empresa E autogenera actualmente cerca del 70% de su demanda energética y usan alrededor del 30% de biocombustibles para la autogeneración de energía requerida en el proceso de producción. Casi el 80% de los combustibles usados para generar electricidad y vapor son producidos mediante CHP, con lo cual se produce electricidad y vapor, y se transforma la biomasa que está formada por residuos de las operaciones de la gestión forestal y otros provenientes del manejo de la madera.

Compañía F

La compañía F, pertenece a la agroindustria colombiana, que maneja la misma gama de productos del sector azucarero, que es alcohol carburante, compostaje, energía y azúcar, esto le ha permitido convertirse en promotor de la generación de valor en cada uno de los actores que participan en esta línea. Esta empresa está en el proceso de adaptabilidad del proyecto de cogeneración que tuvo sus inicios en el año 2007, denominado plan de reconversión a tecnología limpia, que busca garantizar el respaldo energético de la compañía, de los excedentes energéticos que venden y hacer un uso racional de la energía, que se divide en eficiencia energética de vapor y el uso de la energía como tal.

La empresa usa el 100% del bagazo que producen como biocombustible para la producción de energía eléctrica y térmica, haciendo uso de los recursos renovables que posee, en búsqueda de la eficiencia energética. Para el presente año (2015), la compañía busca incrementar su capacidad en el proceso de cogeneración. En ese proceso está proyectado aportar a la red pública el doble de energía que la consumida por la zona de influencia de esta organización, que en promedio consume 7 MW. Además con la implementación del proyecto, en el uso de tecnologías limpias, se planea reducir el material particulado y emisiones de dióxido de carbono al medio ambiente, contribuyendo al cuidado de este.

Al igual que las demás compañías del sector azucarero, esta cuenta con el compostaje, que es usado como materia orgánica para abono de los suelos donde se siembra la caña de azúcar, además de la vinaza que se genera en el proceso de fabricación de alcohol carburante. Esta se usa como un componente más del compostaje en conjunto a otros co-productos de la fabricación de azúcar como lo es la cachaza, todo esto con el objetivo de mejorar el proceso y lograr las metas del proyecto en el plazo establecido.

Compañía G

La compañía G es una empresa colombiana con participación en más de 17 países. Esta empresa pertenece al sector papelerero, posee dos plantas de producción en el municipio de Yumbo, Valle del Cauca y la materia prima para su producción es el bagazo de la caña de azúcar, con esto se elabora papeles biodegradables y reciclables, siendo responsables con el medio ambiente. Cuenta con más de 50 años de experiencia en la producción de papel y tiene una amplia gama de productos sostenibles para impresión y escritura.

La organización tiene en desarrollo un proyecto de cogeneración, que se ve como una definición en función energética, el cual tiene un plan de incremento de producción. La situación que presenta la compañía es, el proceso del bagazo para la producción de papel, genera una cantidad de bagazillo, del cual se usa solo el 80% y el 20% restante queda como residuo, además poseen un lodo, llamado lodo papelerero, que también genera residuo sólido que no se está aprovechando, entonces el proyecto lo que busca es, poder usar estos

residuos, ya que son materia orgánica y poseen un poder calórico, que sirve como combustible en el proceso de cogeneración y así poder abastecer a la compañía de la energía que les hace falta y la energía térmica necesaria para el proceso aumentar los niveles de producción que se desean alcanzar.

El proyecto de la compañía requiere de una inversión alta, ya que necesita una caldera de 50 toneladas, un turbogenerador que genere 7 MW de energía eléctrica, además de un sistema de secado. Pero la empresa ve esto como una inversión necesaria, que les permitirá crecer en toda medida, ya que hay una necesidad estratégica de aumentar la producción y cuentan con una biomasa que está disponible y no se está utilizando. Finalmente lo que busca es mejorar desde un punto de vista estratégico en todos los sistemas de ella.

Compañía H

La compañía H es una entidad sin ánimo de lucro dedicada a la representación del sector azucarero en Colombia a nivel nacional e internacional. Parte de sus labores son coordinar el estado del sector con las negociaciones que lleva a cabo el gobierno en el exterior y brinda asesorías en temas ambientales, económicos, jurídicos, entre otros.

La entidad está integrada por varias empresas del sector azucarero y se especializa en gestión ambiental, análisis económico y temas jurídicos, con el fin de cumplir la gestión de la asociación.

Esta compañía es importante porque brinda un aporte global del estado actual de los sectores con potencial para la cogeneración de energía, pues está involucrada en casi la totalidad de los procesos de las empresas que tienen proyectos de GD, por lo tanto es capaz de dar un punto de vista sistémico de la situación de Colombia en cuanto a este tipo de proyectos.

Tabla 3. Caracterización de empresas estudiadas

Empresa	Inicio de proyecto	Capacidad de generación	% Bagazo	% Carbón	Consumo de la planta	Excedentes
A	2007	35 MW	50%	50%	20 MW	15 MW
B	2004	36 MW	100%	0%	22 MW	14 MW
C	2009	40 MW	90%	10%	30 MW	10 MW
D	2004	32 MW	80%	20%	12 MW	19 MW
E	2005	-	-	-	25% de Cap.	0
F	2007	33 MW	100%	0%	18 MW	15 MW
G		16 MW	20%	-	21 MW	0
H	-	-	-	-	-	-

Fuente: autores

6.3.2. RESULTADOS IMPULSORES COLOMBIA

Mediante el análisis de las entrevistas, se logró evaluar los aspectos de la cadena de suministro de cada empresa que impulsaron la decisión de internalizar la generación de energía. Además, se pudo profundizar sobre los factores que fueron detonantes al momento de tomar la decisión de implementar un proyecto de auto generación o cogeneración.

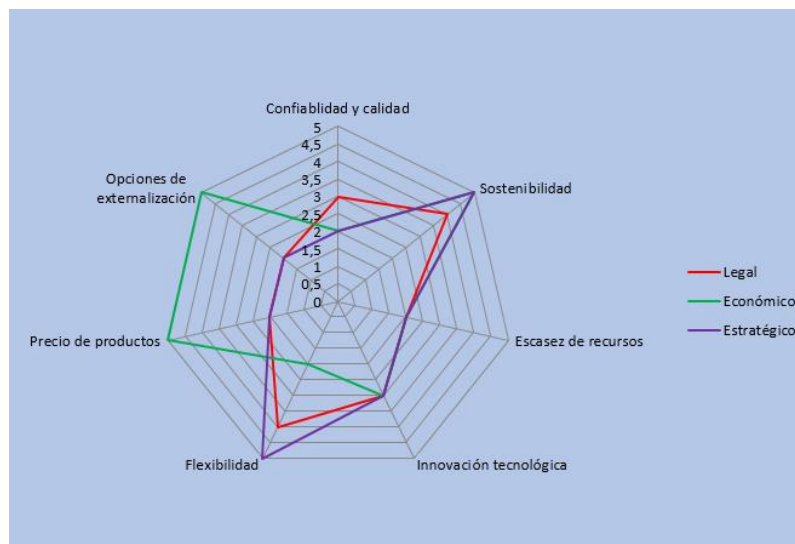
Considerando el amplio alcance de las alternativas para el abastecimiento de energía, se analizaron las razones para la internalización de energía más allá de los aspectos financieros y se midieron las condiciones que permitieron a las empresas establecer, mantener y usar capacidades más eficientes respecto a la competencia y el mercado.

Los impulsores identificados fueron analizados teniendo en cuenta aspectos que abarcaron temas más allá de los procesos productivos y normatividades del consumo de energía, tales como: La visión estratégica en cuanto a la sostenibilidad, la confiabilidad, seguridad, inversiones y acceso a nuevas tecnologías; aspectos financieros y gubernamentales para el consumo energético, incentivos y restricciones legales, impuestos y deducciones de éstos.

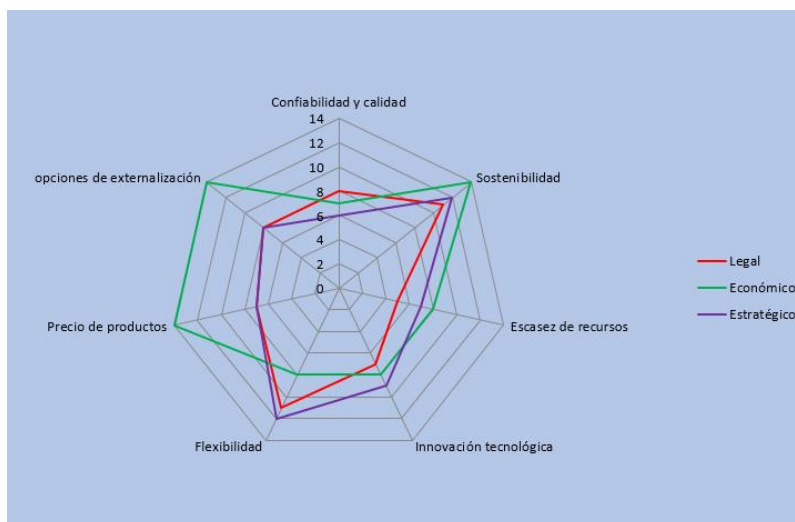
En el marco de los impulsores evaluados en Colombia, la situación que se presenta es que las empresas evaluadas tienen amplias diferencias en cuanto a las perspectivas de la toma de decisiones frente a los proyectos de GD. Sin embargo, hay una inclinación hacia la sostenibilidad como el impulsor más importante a tener en cuenta al momento de implementar proyectos de internalización de generación de energía.

A continuación, se muestra el estudio de cada compañía con relación a los factores que las llevaron a desarrollar los proyectos de GD:

COMPAÑÍA A



Gráfica 1. Resultados autoevaluación Compañía A



Gráfica 2. Resultados cuestionario Compañía A

Para la compañía A es muy importante la diversidad de negocios que se derivaron a partir del proyecto de generación, pues encontraron un mayor valor agregado en el subproducto de la caña de azúcar, que es el bagazo, ya que aparte de ser utilizado como combustible tipo biomasa para la generación de electricidad que suple las necesidades de toda la planta, es destinado desde mucho antes a otros procesos como la venta de esta materia prima a la industria papelera, con el fin de generar ingresos y hacer intercambios de bagazo con carbón en igualdad de equivalencia energética. Además, tienen excedentes energéticos que se despachan a la red de interconexión, lo cual genera ingresos por ventas, representando un valor significativo en el crecimiento económico de la compañía.

Lo anterior, permite evidenciar que para la compañía A, es importante la *sostenibilidad*, ya que desde sus inicios, contaban con el proceso de autogeneración en el cual se aprovechaba la energía térmica para el proceso de producción del azúcar, pero con el desarrollo tecnológico se abrieron nuevas oportunidades que permitieron aumentar el potencial económico del bagazo, que mediante la cogeneración de energía permitió ampliar su gama de salidas al mercado, dando un valor muy importante a los excedentes energéticos que potencialmente se podían tener, lo cual fue también una razón principal por la cual decidieron mejorar los sistemas de cogeneración en cuanto a eficiencia.

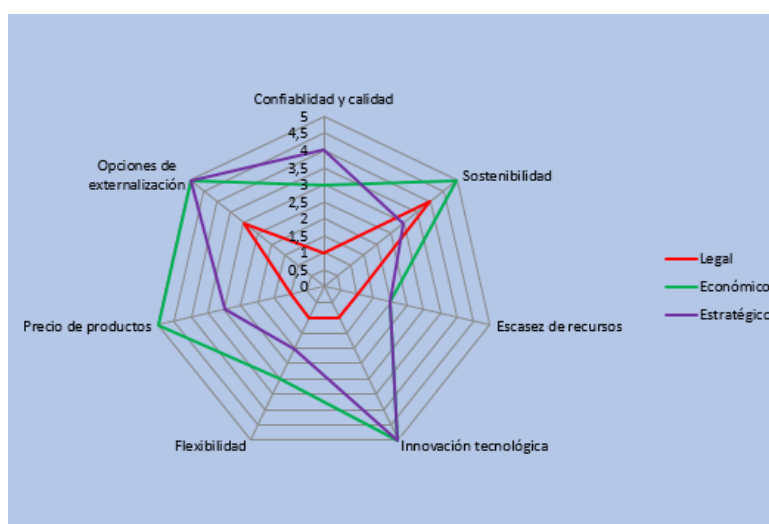
Esto da una valoración importante al impulsor *opciones de externalización*, pues fueron capaces de cumplir con la totalidad del requerimiento energético de la planta y pudieron proveer la energía sobrante a la red convencional. Estas nuevas posibilidades ampliaron la visión de sostenibilidad de la empresa, pues en el largo plazo serán capaces de tener un auto-sustento más fuerte al tener varios campos de acción.

El proyecto de cogeneración permitió a la compañía contar con un suministro eléctrico ininterrumpido, llevándolos a tener un sistema *confiable y seguro* haciendo un uso eficiente de las diferentes aplicaciones del bagazo

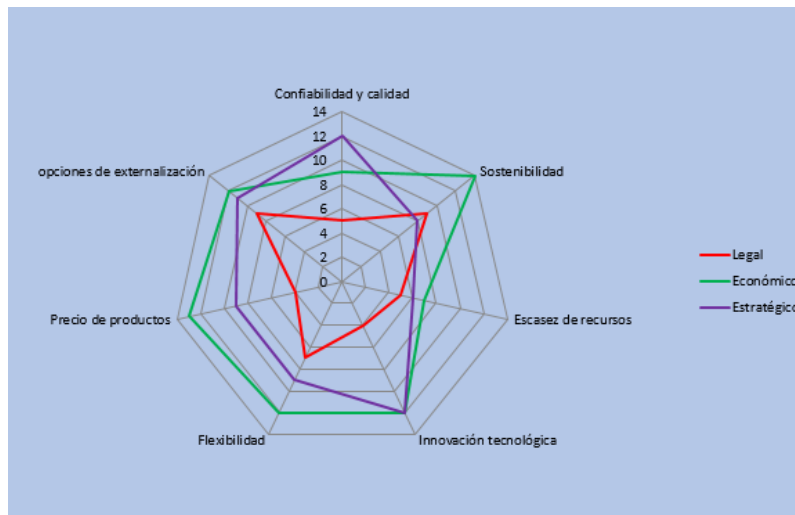
combinando calor y electricidad, con lo cual se logró también reducir en una medida importante los costos energéticos y disminuir la dependencia a la red eléctrica del país.

Además se resalta la *flexibilidad* como un punto clave para poder crecer como generadores de energía, ya que, debido a la reglamentación, por ser declarados plantas menores, no se les permite vender excedentes energéticos mayores a 20 MW y en ocasiones, gracias a su proceso de cogeneración alcanzan producciones de energía eléctrica más altas, que se pierden por no contar con un sistema externo flexible, que les permita aprovechar estos restantes energéticos, vendiéndolos a la red convencional. Esto se puede apreciar claramente en el comportamiento de las gráficas No. 1 y 2, pues para la compañía A, desde el marco legal, económico y estratégico, es fundamental que les permitan contar con un sistema flexible, es decir, que el Estado presente una mejor adaptabilidad a los procesos de la empresa, para poder alcanzar el máximo aprovechamiento de los excedentes energéticos y puedan ser vendidos sin restricciones, con el fin de crecer como empresa y poder hacer aportes significativos al sector eléctrico colombiano.

COMPAÑÍA B



Gráfica 3. Resultados autoevaluación Compañía B



Gráfica 4. Resultados cuestionario Compañía B

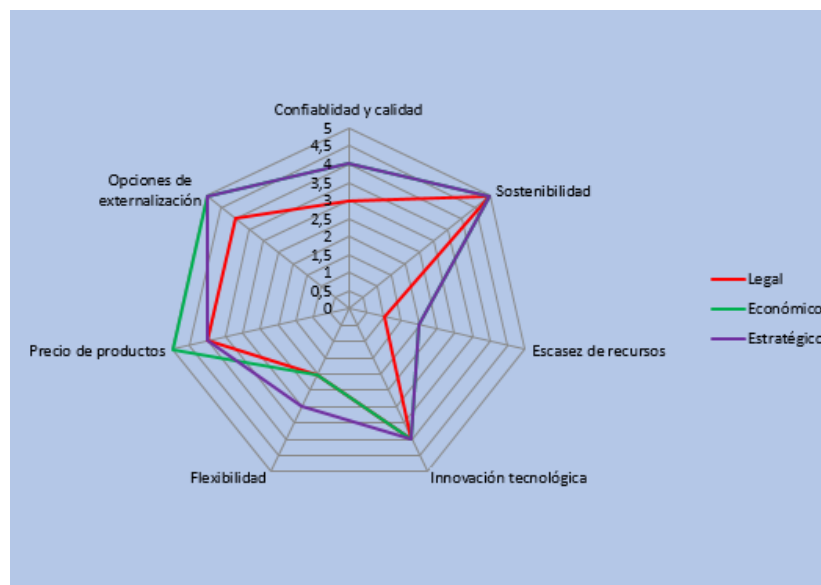
La compañía B considera muy importante el *precio de los productos*, ya que generar energía a través de energías renovables, en este caso la biomasa en el proceso de cogeneración es muy bajo frente a otros métodos de generación de energía, pues esta compañía usa el 100% del bagazo que sale como un co-producto de la caña de azúcar y es utilizado para el abastecimiento de energía eléctrica y térmica necesaria para el funcionamiento de sus instalaciones y producción.

En suma cuenta con unos excedentes de energía eléctrica, que representan un valor económico muy importante en los ingresos de la organización, llevando al impulsor *opciones de externalización* a ubicarse como una de las razones más importantes para la implementación de este tipo de proyectos, focalizándolos en el ámbito económico y estratégico, pues esto les ha permitido abrir fronteras en otro tipo de negocios, como es el de crear una nueva línea, el de convertirse en comercializadores de energía. Esta nueva línea se ve como una oportunidad de desarrollo tanto para la compañía B como para la región, pues la compañía logra expandirse y darle un valor agregado al bagazo que antes no se le daba, además la obtención de energía eléctrica por medio de energía no convencionales permite una reducción considerable de emisiones de dióxido de carbono beneficioso para toda la región.

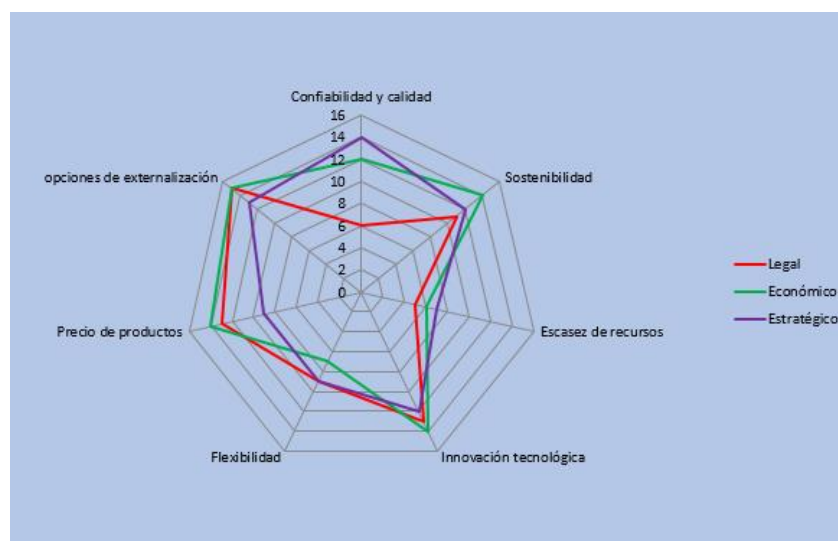
Para la empresa en todos sus procesos es de vital importancia la *sostenibilidad*, tanto en el ámbito legal, como en el económico y estratégico,

pues su objetivo es lograr un valor corporativo que los impulse y que tenga una participación representativa en el mercado, aunque resaltan que el mayor peso en su visión estratégica para incrementar sus procesos, es lo financiero, pues esto es lo que hace viable o no proyectos de tal magnitud, que requieren de una inversión considerable. Finalmente los mecanismos que permiten a la compañía visualizar como viable el uso de energías no convencionales en su abastecimiento van más orientados a la creación de valor sostenible representado financieramente.

COMPAÑÍA C



Gráfica 5. Resultados autoevaluación Compañía C



Gráfica 6. Resultados cuestionario Compañía C

Lo primero que destaca la compañía C es que la palabra clave para estos proyectos es “negocio”, pues lo más importante es lograr definir estrategias que permitan aprovechar los potenciales que las tecnologías de cogeneración o autogeneración están brindando a las empresas para desarrollar modelos de negocio que permitan incorporar energías renovables dentro de los proyectos de generación de energía, todo esto soportado por los estatutos que trae la ley.

Lo anterior se puede evidenciar en ambas gráficas, pues la línea verde, que es el factor económico, tiene un gran peso sobre las decisiones de *externalizar los excedentes energéticos*, sobre la influencia del *precio de la energía* proveniente de la red de interconexión y claramente, sobre la *sostenibilidad*, pues para esta empresa es importante mantener un crecimiento económico con el paso del tiempo a través el desarrollo energético.

La ampliación de las plantas se dio gracias a que se presentó la oportunidad de aprovechar el subproducto en otros procesos y negocios, con lo cual se generaban excedentes importantes. Esto abrió nuevas oportunidades de negocio con algo que en el pasado solo significaba un desperdicio, por lo tanto fue importante porque aportó mayor competitividad a la empresa al poder incrementar la oferta de energía al mercado.

Al convertirse la energía en una materia prima, el costo ha sido muy importante en la toma de decisiones, pues el punto principal es minimizar el valor de los insumos, ese es un impulsor significativo para la empresa. Por lo tanto, el precio de la energía como un elemento integrante del proceso de producción, tuvo una influencia grande al momento de viabilizar el proyecto de cogeneración. Esto quiere decir que los costos energéticos tienen un peso considerable sobre la evaluación de este tipo de proyectos dentro de la empresa.

Por otro lado, se destaca mucho que lograr una eficiencia cada vez mayor de la planta es una de las grandes motivaciones para el desarrollo de GD en esta empresa, pues el hecho de que se aprovechen conjuntamente dos tipos de energía de un único proceso aporta un gran valor en materia de eficiencia

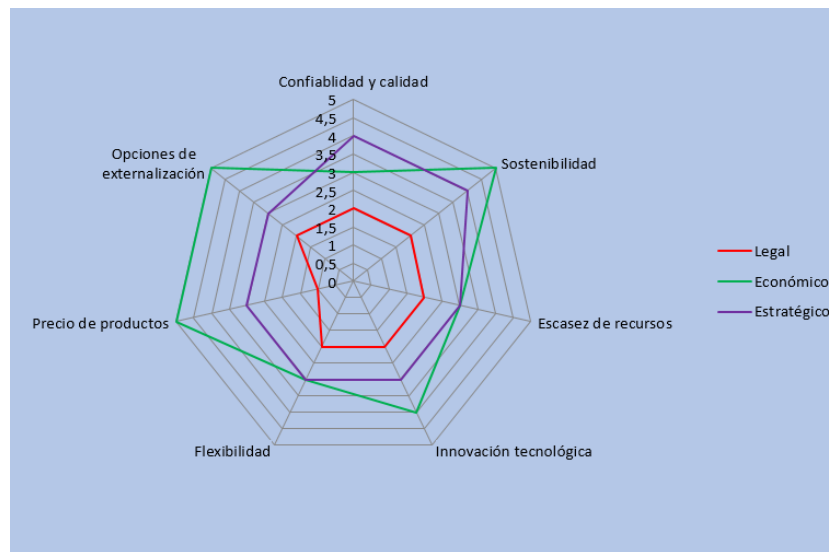
operacional. Al mismo tiempo, la eficiencia es la herramienta principal para lograr la sostenibilidad de la empresa en el largo plazo, pues ser eficiente es ser rentable.

En el aspecto legal, también hay una influencia importante, principalmente en los factores mencionados anteriormente, esto es porque para la compañía C, la estabilidad del marco jurídico garantiza la estabilidad de los proyectos; además, los incentivos tributarios son fundamentales porque el mayor costo de implementar GD es el costo de la inversión. Se afirma que la ley es una gran apuesta para la política energética de impulsar las energías no convencionales en el país y, los incentivos que la ley pueda promover, son factores clave.

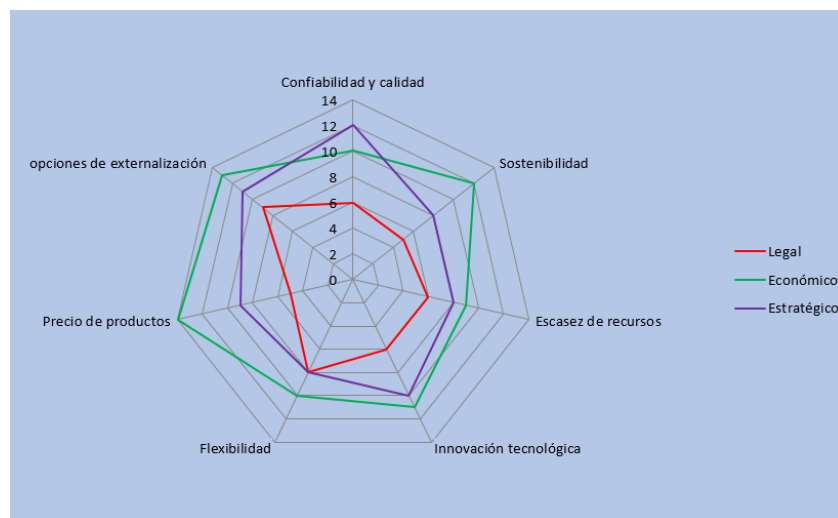
También se puede evidenciar una inclinación importante hacia la necesidad de tener *innovación tecnológica*. Esta empresa recalca que sería una motivación aún mayor el hecho de que la ley, en un futuro, promoviera que las tecnologías renovables tengan reglas especiales o diferenciales frente a tecnologías convencionales que les permita incursionar en el mercado, para que tengan una mayor participación en el país y, al mismo tiempo, que el país tenga más participación en el mercado global de energía.

A grandes rasgos, las tres dimensiones tienen alto impacto en los impulsores de esta empresa, pues ésta considera que el desarrollo del marco legal es importante para viabilizar proyectos de generación de energía. El aspecto económico es, evidentemente, el que tiene mayor influencia en estas decisiones, pues le permite ahorrar costos, obtener ingresos y mantenerse rentable en el tiempo mediante diferentes maneras de aprovechamiento de los subproductos del proceso. La parte estratégica también es muy importante, pero va ligada al desarrollo económico, pues la toma de decisiones estratégicas se dan para aumentar la eficiencia operacional y financiera, lo que provee sostenibilidad económica.

COMPAÑÍA D



Gráfica 7. Resultados autoevaluación Compañía D



Gráfica 8. Resultados cuestionario Compañía D

Como se puede observar, el aspecto económico sobresale sobre el legal y el estratégico; es evidente que los impulsores de las decisiones energéticas de esta empresa son las *opciones de externalización*, el *precio de los productos* y la *sostenibilidad*. La preocupación principal para la compañía D está en generar utilidades a partir del proyecto de cogeneración y el desarrollo que pueda tener. La motivación principal para implementarlo fue la demanda energética que se presentaba en el momento en que no tenían excedentes energéticos importantes, por lo tanto el mejoramiento del proyecto abrió la oportunidades

de tener más excedentes, ser un proceso mucho más eficiente con el mismo combustible y generar altos ingresos para la empresa.

El apoyo por parte del gobierno no fue importante al momento de tomar la decisión de internalizar la cogeneración. Hubo algunos incentivos respecto a la disminución de impuestos referidos a la compra de equipos, en una pequeña parte ayudaron a que el costo de inversión no hubiese sido un poco mayor, pero aunque no hubiese existido el incentivo, la cogeneración seguía siendo un buen negocio para la empresa.

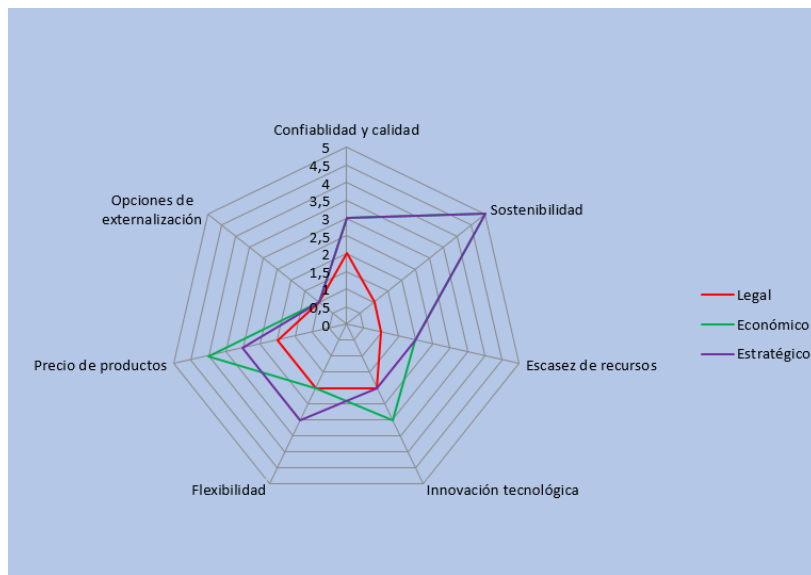
En materia de desarrollo tecnológico, es importante para esta empresa contar con equipos de buena calidad, pues éstos aportan una gran eficiencia al proceso de cogeneración que permite mayor aprovechamiento de los recursos, que al mismo tiempo aporta una mayor rentabilidad. Por esta razón, fue importante invertir en tecnología para suplir las necesidades energéticas de la planta y poder tener excedentes hasta el límite implantado por la regulación; todo esto con la visión de lograr una mayor sostenibilidad.

La oportunidad de proveer energía a la red fue un factor muy importante para esta empresa porque, de igual modo, le permitió asegurar una sostenibilidad más sólida en el tiempo y tener un mejor control operacional, por lo que han puesto como prioridad el mejoramiento de la eficiencia energética.

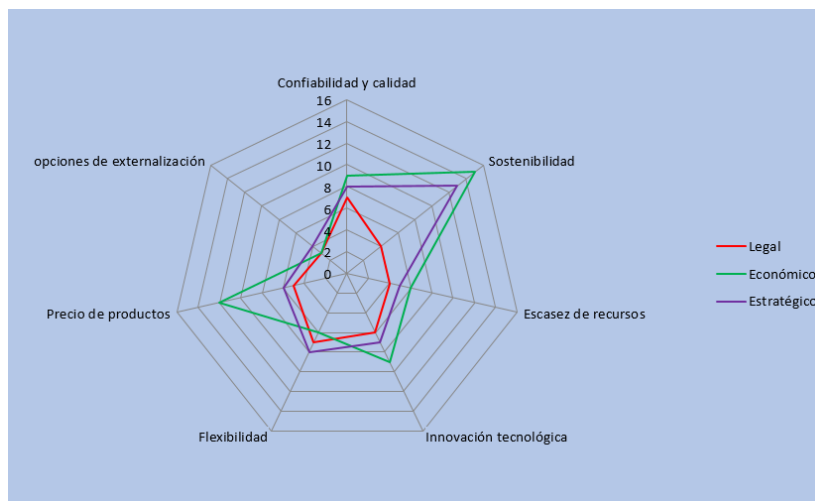
En cuanto a la imagen social y ambiental, fue en parte importante porque abre mercados. Al momento de comercializar hay clientes que se interesan por el cumplimiento de normas ambientales y todo lo que se haga en gestión energética, en aumentar eficiencias y en disminuir consumos, va orientado a eso; por lo tanto, este es un factor más que hace crecer la importancia de la sostenibilidad en la toma de decisiones de necesidades energéticas.

Para esta compañía, el factor estratégico engloba la parte económica y legal, por lo que las decisiones estratégicas van ligadas a lograr beneficios netamente económicos.

COMPAÑÍA E



Gráfica 9. Resultados autoevaluación Compañía E



Gráfica 10. Resultados cuestionario Compañía E

Es notable que para la Compañía E, la proyección de *sostenibilidad* fue el factor en el cual se enfocó la decisión de internalizar el proyecto de cogeneración, tanto económica como estratégicamente, aunque es más fuerte el factor financiero.

La parte del proceso que tuvo potencial para alcanzar una mayor sostenibilidad fue la opción de recuperar químicos aplicados al subproducto que genera la producción de papel. En ese momento aparece una razón económica y

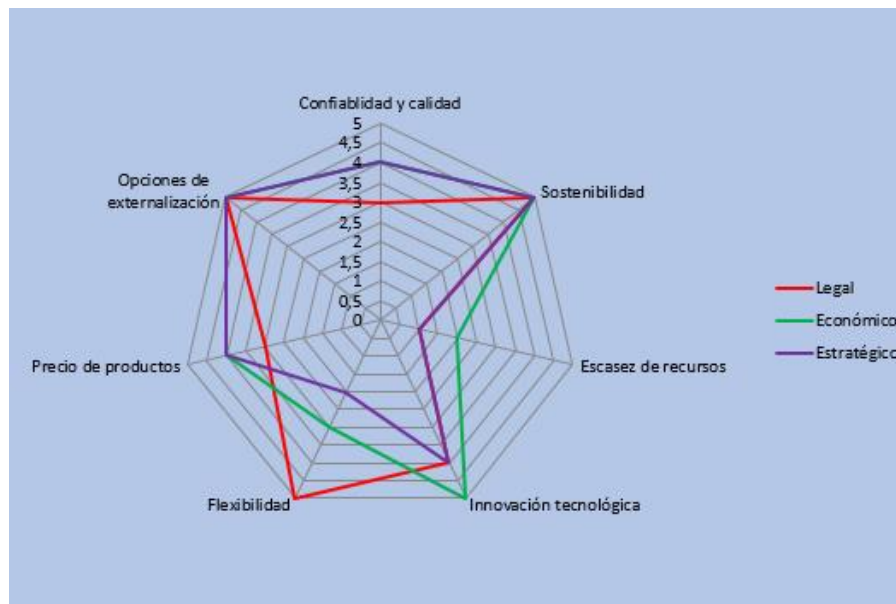
ambiental, porque en caso de que no se implementara el proyecto, habría que desechar o disponer ese residuo; evidentemente es una razón de sostenibilidad/costo y eficiencia, pues se está utilizando el poder calorífico para generar vapor.

Aunque esta empresa tiene una reputación relativamente alta en temas de sostenibilidad con el desarrollo forestal y el reciclaje, este tipo de mejoras con sistemas renovables amplían aún más el horizonte de posicionamiento y desarrollo, lo cual es clave para la compañía.

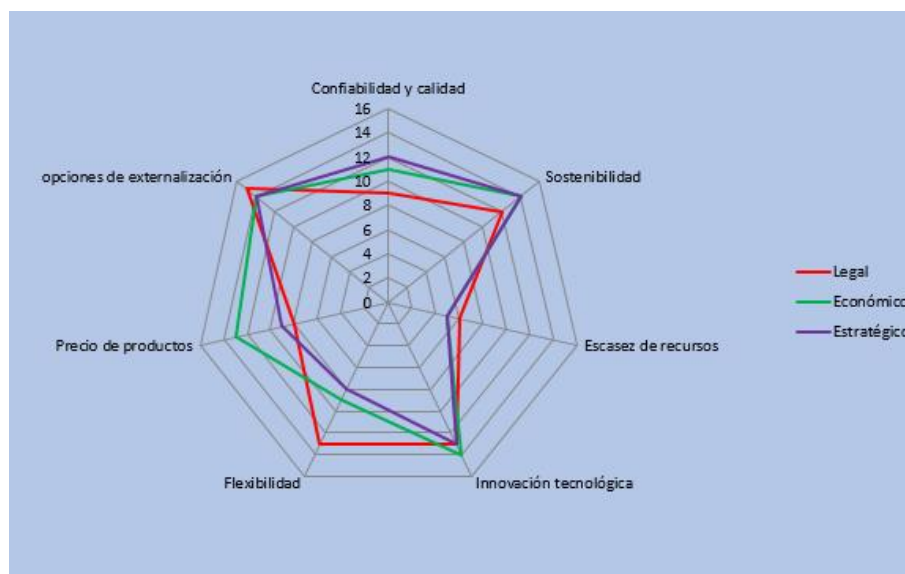
El otro impulsor en este tema fue el *precio de los productos*. Esta empresa tiene la posibilidad de producir energía a partir de la madera, pero no es financieramente viable en el país, porque para competir eficientemente con el carbón, la madera tendría que tener un costo mucho menor de lo que vale en este momento. Esta materia prima requiere procesos como la cosecha, el insumo como tal y el transporte, por lo que es muy difícil obtener un retorno financiero si se usara la madera como combustible para la cogeneración. Cabe mencionar que para esta compañía el limitante está en el costo de la madera, entonces no aprovecha incentivos legales porque no los necesitan al momento de hacer una inversión; de hecho, la ley no brinda incentivos económicos para esto.

Es importante resaltar que *opciones de externalización* no es un impulsor importante para esta empresa, ya que pertenece a otro sector. El residuo que genera el sistema, alcanza para generar solo el 25% de la energía que la planta necesita, pues la operación energética que consume es muy grande y todavía no se ha tomado en cuenta, pero sí se considera toda forma posible de aprovechar la energía. La escasez de recursos tampoco es un tema importante, esta empresa aclara que en Colombia hay disponibilidad de recursos para mucho tiempo y no tiene problemas de suministro; además, el carbón es una fuente de energía muy económica y generar con este combustible fósil tiene costos muy bajos.

COMPAÑÍA F



Gráfica 11. Resultados autoevaluación Compañía F



Gráfica 12. Resultados cuestionario Compañía F

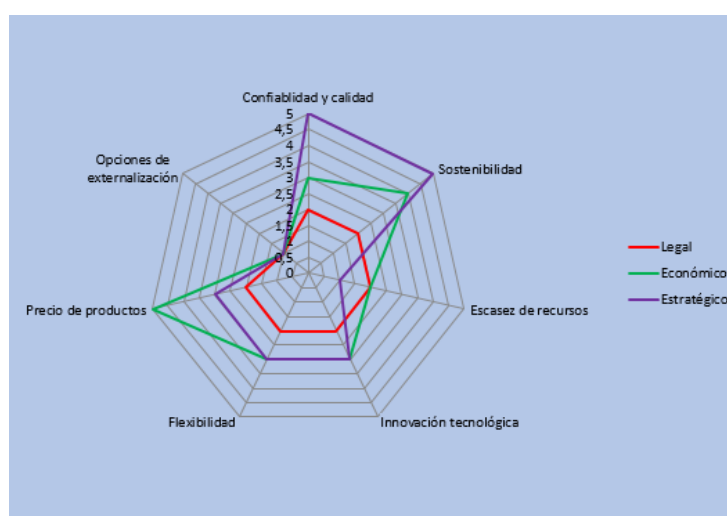
Para la compañía F la *sostenibilidad* es fundamental a la hora de poner en marcha el proyecto de cogeneración, pues éste logra dar una estabilidad a la organización tanto en los sistemas de producción como en el abastecimiento de energía, que a su vez resalta el hecho de poder tener *excedentes energéticos*, pues a través de estas ventas, se logra una firmeza económica, ya que la inversión necesaria para la implementación del proyecto es bastante

representativa y con estos excedentes se puede obtener una sostenibilidad a largo plazo, mientras se recupera la inversión inicial que se extiende a unos 10 años.

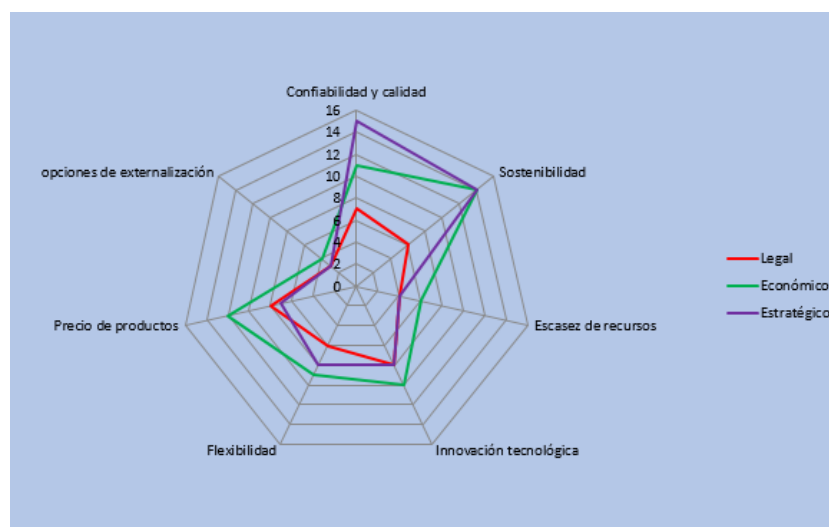
La organización considera que el impulsor *sostenibilidad* representa un nivel significativo en la decisión de internalizar la energía, porque desde el punto de vista de los procesos genera una eficiencia y uso racional de ésta, que se ven reflejadas en las decisiones estratégicas de la empresa. Además se enfatiza la importancia que tiene la *innovación tecnológica* en esta tipo de proyectos, ya que el objetivo de la empresa es crear un plan de reconversión a tecnología limpia que garantice el respaldo energético, la generación de vapor y la reconversión de energía, con el fin de aumentar la productividad y lograr mejorar los procesos para que en un futuro se obtenga un retorno económico mayor.

En el marco legal se aprecia que para la organización es importante el *precio de los productos*, ya que para hacer una inversión tan grande, es necesario que el precio de la energía este en la capacidad de competir en el mercado y generar un retorno importante para la empresa, haciendo que la puesta en marcha del proyecto sea rentable y genere algo de utilidad para hacer viable la implementación de nuevas tecnologías y alcanzar las metas que se han propuesto.

COMPAÑÍA G



Gráfica 13. Resultados autoevaluación Compañía G



Gráfica 14. Resultados cuestionario Compañía G

La compañía G, que pertenece al sector papelerero, presenta unas inclinaciones totalmente diferentes al sector azucarero, ya que, por ejemplo, las *opciones de externalización* no es una opción para ellos, pues el residuo que piensan usar para el proceso de cogeneración en la implementación del proyecto no alcanza para generar excedentes considerables y ponerlos a la venta. Para hacer esto, tendrían que usar como combustible carbón y esto ocasionaría grandes emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y hay una responsabilidad social y ambiental que se debe cuidar.

Por otro lado consideran muy importante la *sostenibilidad* tanto económica como estratégicamente, pues los proyectos que se implementan siempre deben ir enfocados a generar un ciclo dentro de la compañía, que genere beneficios y sea rentable a largo plazo, por ello se refleja en la gráfica que el *precio de los productos* también hace parte de los impulsores más relevantes a la hora de llevar a cabo el proyecto de GD.

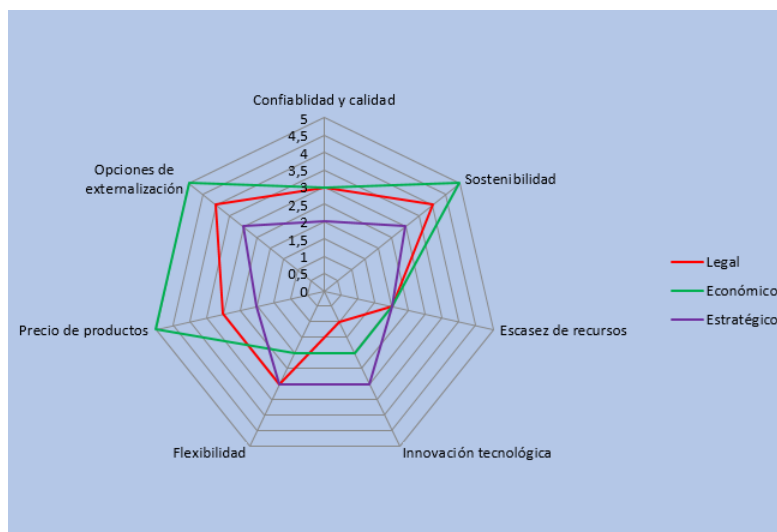
Son importantes estos impulsores porque, por ejemplo, la compañía requiere comprar 5MW de energía eléctrica y en un futuro van a necesitar de 7 MW, lo que significa una inversión considerable en maquinaria, que se ve reflejada en la influencia de los costos energéticos; entonces, contar con un autoabastecimiento de este recurso, resulta mucho más económico el precio de

la energía como tal, comparado con el de la red convencional, por ende se resalta la necesidad de ser sostenibles económicamente y el precio de la energía tiene un peso considerable.

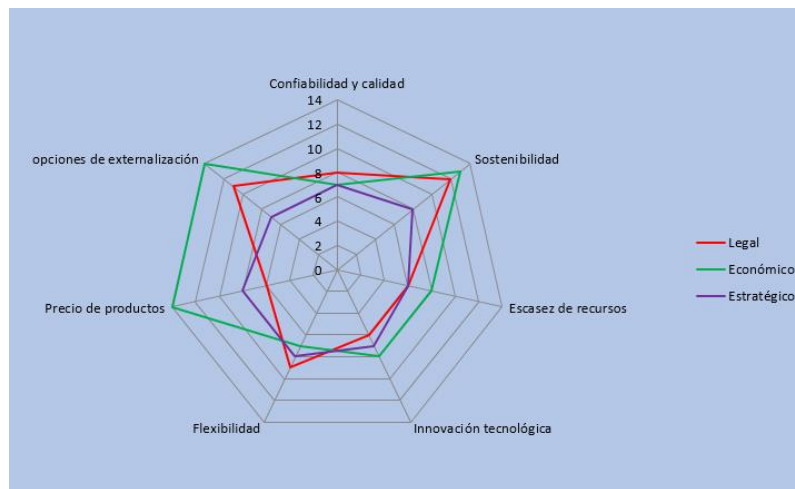
Además, es valioso para la compañía contar con un suministro de energía *confiable y de calidad* y la cogeneración les da seguridad en estos procesos, pues al compararlo con la red convencional, éste último ha presentado fallas a lo largo de la historia, lo que ha ocasionado problemas en el funcionamiento de las plantas, que al mismo tiempo son bastante costosos y para la organización es muy importante este impulsor porque necesitan seguridad y eficiencia en todo sus procesos. En resumen, consideran que es más fácil poder corregir el sistema de abastecimiento interno, sobre el cual tienen control, que corregir o trabajar sobre lo externo.

Aparte de esto, para la compañía la *innovación tecnológica* juega un papel muy importante en el desarrollo del proyecto, pues esto es lo que, de una u otra forma, le aporta eficiencia al proyecto y permite que haya resultados, pero esto no hizo parte de las razones más importantes por las que fue tomada la decisión de iniciar un proyecto de este tipo, más bien es tomada como una consecuencia del mismo, lo cual es importante para que muestre los resultados que se esperan de éste.

COMPAÑÍA H



Gráfica 15. Resultados autoevaluación Compañía H



Gráfica 16. Resultados cuestionario Compañía H

La compañía H, al brindar una visión global del estado de la región en cuanto a los impulsores de la GD, pudo dar un punto de vista que abarcó varias empresas del sector azucarero en cuanto a los procesos de cogeneración de energía. Es evidente que los aspectos clave para poner en marcha estos procesos fueron las *opciones de externalización*, la influencia del *precio de los productos* y la visión de *sostenibilidad*.

En primera instancia, las empresas buscan minimizar al máximo los costos. En Colombia, el precio de la energía para los consumidores, bien sea empresa, hogar o usuarios independientes, es relativamente muy elevado en comparación con otros países y eso ha llevado a que se desarrollen procesos de cogeneración y autogeneración. Entonces, el propósito de las compañías es ahorrar o disminuir en una medida considerable los gastos y costos de intermediación, porque, además, da una mayor competitividad al poder vender los excedentes energéticos a precios más bajos que los de las empresas públicas generadoras.

También es importante el respaldo legal para la entrega de excedentes a la red, porque la lógica de la generación distribuida responde a los cambios en el mercado eléctrico, entonces siempre se busca vender al mejor precio y

entregar en el mejor momento para obtener mayores beneficios. Por esta razón, técnicamente es importante que la reglamentación promueva la GD mediante ventajas que hagan aún más viables los proyectos en las empresas.

La implementación de estos proyectos tiene mucho sentido, pues aunque la red del país tiene una buena confiabilidad y se puede contar con un servicio relativamente aceptable, las coberturas que las empresas pueden hacer en términos energéticos son viables, porque, por ejemplo, se pueden firmar contratos con distribuidores mayoristas de energía o se pueden contratar terceros que garanticen un suministro de combustible para autogenerar energía (por ejemplo, un contrato bilateral con un ingenio que provea bagazo a una empresa de diferente sector para un proyecto de cogeneración); entonces, todo depende de cómo se muevan las dinámicas de mercados para saber qué camino pueden tomar las compañías.

La *sostenibilidad* es importante desde el punto de vista legal y económico. Por un lado, la estabilidad siempre ayuda a las empresas a tener un mejor desarrollo, ya que éstas siempre tienen unas metas a largo plazo y es importante tener certeza de los cambios que puede haber en el futuro; entonces, como el Estado tiene la mayor influencia en estos cambios, es vital que mantenga una estabilidad en la legislación para que, al mismo tiempo, garantice una estabilidad en el sector que facilite los nuevos negocios en temas energéticos y así, se pueda disminuir la incertidumbre. Por otro lado, la sostenibilidad económica es lo que mantiene el mejoramiento de las instalaciones de generación, ya que ha abierto las puertas a muchas posibilidades de negocios, a aumentos de eficiencia energética y aumento de la competitividad.

Cabe mencionar que la *innovación tecnológica* y la *escasez de recursos* no fueron consideradas dentro del proceso de la toma de decisiones para los proyectos, porque se dice que la cogeneración ha alcanzado un estado de madurez tecnológica y el acceso a ella es fácil en el país. Además, el agotamiento de los recursos no es un tema de preocupación en Colombia,

pues su entorno energético es de mediano plazo y todavía hay reservas importantes en el largo plazo.

6.4. DESARROLLO OBJETIVO 4

A continuación, se consolidarán los resultados de las empresas, generando un diagnóstico global de la situación actual de Colombia, para finalmente, hacer la comparación con la situación de Brasil.

6.4.1. RESULTADO GLOBAL

Tabla 4. Resultado total empresas Colombia

Empresa	Impulsores	Legal	Económico	Estratégico
A	Confiabilidad y calidad	3	2	2
	Sostenibilidad	4	5	5
	Escasez de recursos	2	2	2
	Innovación tecnológica	3	3	3
	Flexibilidad	4	2	5
	Precio de los productos	2	5	2
	Opciones de externalización	2	5	2
B	Confiabilidad y calidad	1	3	4
	Sostenibilidad	4	5	3
	Escasez de recursos	1	2	2
	Innovación tecnológica	1	5	5
	Flexibilidad	1	3	2
	Precio de los productos	1	5	3
	Opciones de externalización	3	5	5
C	Confiabilidad y calidad	3	4	4
	Sostenibilidad	5	5	5
	Escasez de recursos	1	2	2
	Innovación tecnológica	4	4	4
	Flexibilidad	2	2	3
	Precio de los productos	4	5	4
	Opciones de externalización	4	5	5
D	Confiabilidad y calidad	2	3	4
	Sostenibilidad	2	5	4
	Escasez de recursos	2	3	3
	Innovación tecnológica	2	4	3
	Flexibilidad	2	3	3

	Precio de los productos	1	5	3
	Opciones de externalización	2	5	3
E	Confiabilidad y calidad	2	3	3
	Sostenibilidad	1	5	5
	Escasez de recursos	1	2	2
	Innovación tecnológica	2	3	2
	Flexibilidad	2	2	3
	Precio de los productos	2	4	3
	Opciones de externalización	1	1	1
F	Confiabilidad y calidad	3	4	4
	Sostenibilidad	5	5	5
	Escasez de recursos	1	2	1
	Innovación tecnológica	4	5	4
	Flexibilidad	5	3	2
	Precio de los productos	3	4	4
	Opciones de externalización	5	5	5
G	Confiabilidad y calidad	2	3	5
	Sostenibilidad	2	4	5
	Escasez de recursos	2	4	4
	Innovación tecnológica	2	3	3
	Flexibilidad	2	3	3
	Precio de los productos	2	5	3
	Opciones de externalización	1	1	1
H	Confiabilidad y calidad	3	3	2
	Sostenibilidad	4	5	3
	Escasez de recursos	2	2	2
	Innovación tecnológica	1	2	3
	Flexibilidad	3	2	3
	Precio de los productos	3	5	2
	Opciones de externalización	4	5	3

Fuente: autores

En la siguiente tabla, se presentan los resultados consolidados del estudio, teniendo en cuenta las valoraciones totales de los impulsores frente a los tres marcos:

Tabla 5. Resultados consolidados

Impulsores	Legal	Económico	Estratégico	TOTAL
Confiabilidad y calidad	19	25	28	72
Sostenibilidad	27	39	35	101
Escasez de recursos	12	19	18	49
Innovación tecnológica	19	29	27	75
Flexibilidad	21	20	24	65
Precio de los productos	18	38	24	80
Opciones de externalización	22	32	25	79
TOTAL	138	202	181	

Fuente: autores

En los aspectos de la cadena de suministro considerados en el estudio, la *sostenibilidad* es la parte que tiene la máxima influencia sobre las decisiones de hacer-o-comprar, en este caso, de generar o comprar energía eléctrica. Este resultado se debe a que las compañías analizan de forma prioritaria la viabilidad financiera de estos proyectos en el largo plazo, con el propósito de generar ingresos importantes que justifiquen la alta inversión inicial que éstos suponen. Además, por ser un tema que implica el uso económico eficiente de los subproductos, la sostenibilidad es la fuerza que proporciona las condiciones más importantes para que las compañías internalicen el abastecimiento de energía eléctrica, al contar con gran cantidad de materia prima renovable para ser aprovechada.

Un buen desarrollo del marco jurídico también influencia en gran parte la toma de decisiones en cuanto a generación, porque las empresas necesitan un respaldo legal que sea estable en el tiempo, es decir, que las leyes en temas energéticos tengan una buena durabilidad y que no presente cambios en las reglas establecidas, para generar una mayor seguridad de permanencia y competitividad en el mercado. La mayoría de las empresas estudiadas, ven el desarrollo de la regulación como un motor para el progreso de estos proyectos, porque necesitan incentivos que hagan ver atractivos los proyectos de GD para que puedan incursionar aún más empresas y sectores en este negocio.

Las *opciones de externalización* son importantes en el marco económico y estratégico, ya que las empresas siempre están en busca de un crecimiento y

gracias a la generación distribuida han encontrado oportunidades de expandir fronteras en sus negocios, como el hecho de poder vender energía generada a partir de un subproducto o residuo industrial, poder tener influencia y participación en otros sectores, poder reducir en gran medida los costos de producción y de la energía eléctrica como insumo. Todo eso ha fomentado un crecimiento industrial en la región que ha favorecido la economía. La toma de decisiones estratégica siempre va encaminada hacia el mejoramiento de la eficiencia energética en todos los casos de estudio, lo cual va enmarcado en la visión de rentabilidad que tienen como empresas que intervienen en el sector energético.

Otro gran detonante para el impulso de la autogeneración o cogeneración, es el *precio elevado de la energía* en el país. Este factor, estratégicamente ha brindado una opción para las empresas de convertirse en comercializadoras o proveedoras de sus requerimientos energéticos, pudiendo ofrecer costos mucho más bajos que los de la red de interconexión o de la bolsa. Las empresas siempre están en busca de proveedores que ofrezcan los mejores precios en las mejores condiciones; entonces, con el dominio que tienen los costos energéticos en las decisiones, los proyectos de autogeneración se hacen más atractivos al poder darle a las compañías oportunidades de participación competitiva en el mercado energético.

En Colombia, la cogeneración es el tipo de producción de energía con más participación, pero otros tipos de energías no convencionales también tienen potencial en el país por su ubicación geográfica y condiciones climáticas. Lo que sucede, es que por razones de precio e inversiones iniciales demasiado altas, no se han logrado viabilizar, por lo que es necesaria la intervención del estado mediante políticas que generen incentivos no solo económicos, sino tributarios, que impelen el desarrollo de estos tipos de generación.

Es importante que se desarrollen otros tipos, ya que la cogeneración ha alcanzado una madurez en cuanto a territorio y tecnología, pues la región que tiene potencial para la siembra de caña de azúcar, está saturada y es difícil que los ingenios tengan opciones de expandirse. Por lo tanto, este tipo de proyectos se deberían desarrollar en otros sectores que les permita alcanzar

altas eficiencias para poder tener excedentes energéticos y así, interactuar con la dinámica del mercado de la generación, para el desarrollo industrial, la contribución hacia el cuidado del medio ambiente y el avance tecnológico de estas redes inteligentes.

Los factores anteriormente mencionados, se destacaron entre los impulsores del marco teórico del proyecto. Los demás impulsores fueron parte estratégica en las decisiones, pero con un nivel de importancia menor, ya que se derivaron como una consecuencia de la instalación de los proyectos.

En cuanto a *innovación tecnológica*, fue un aspecto medianamente importante, porque el acceso a tecnologías de alta calidad supone buenas inversiones a largo plazo para las compañías y esta razón aporta solidez en la sostenibilidad económica; además, es necesaria para alcanzar los niveles de eficiencia deseados. Esto permite evidenciar la importancia del factor económico sobre las decisiones de adquisición o mejoramiento de máquinas para la autogeneración. También hay una alta relevancia por la parte estratégica, porque las compañías consideraron la innovación tecnológica como una consecuencia de estos proyectos, ya que es necesaria para alcanzar esas metas de sostenibilidad y de venta de excedentes.

Por otro lado, la confiabilidad y calidad también son valiosas para las compañías porque los sistemas de cogeneración les permiten contar con un abastecimiento de energía ininterrumpido que proporcione seguridad en el cumplimiento de demandas en casos especiales y que además, permita disminuir la incertidumbre de amenazas externas. Todo esto se tomó en cuenta, pero no fue una razón fundamental para evaluar la viabilidad de los planes de autoabastecimiento.

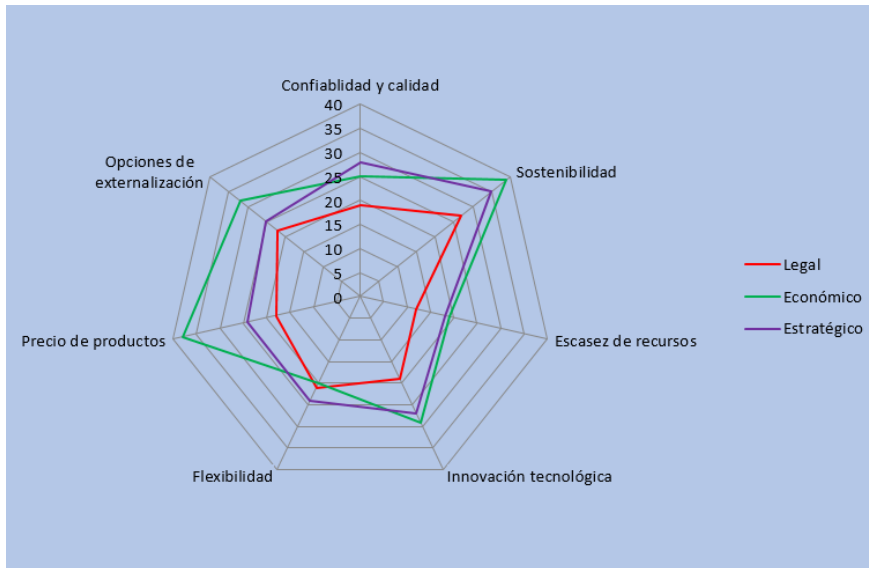
La flexibilidad jugó un papel sobresaliente en las dimensiones legal y estratégica; primero, porque las compañías necesitan una legislación que les permita adaptarse fácilmente al sistema con reglas establecidas y que garantice las condiciones para que se puedan llevar a cabo los negocios. Finalmente, la escasez de recursos fue el factor que menos influyó en las decisiones, ya que se considera que gracias a las condiciones geográficas, de

biodiversidad y consumo del país, no hay preocupación por el agotamiento de los recursos para generar energía.

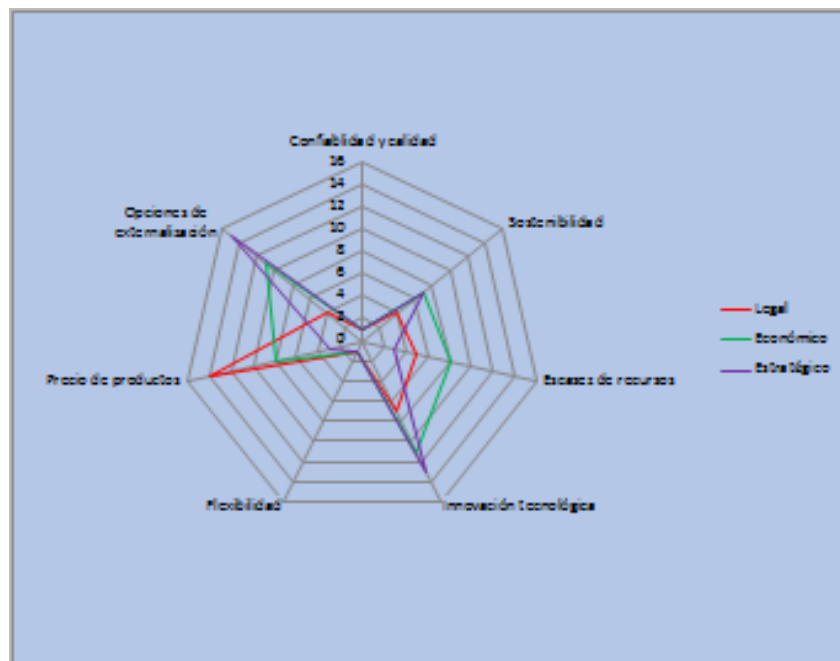
En resumen, se puede decir que para las compañías colombianas existen diferentes razones que motivaron las decisiones sobre generación energética, basadas en eficiencia de los procesos, beneficios económicos, costos de la energía, mejoramiento de los procesos, reducción de costos de producción, etc. Aunque la mayor atención en cuanto al abastecimiento energético, está fijada en su área de negocio principal (que en estos casos, son la producción de azúcar y papel), la incursión de los proyectos de cogeneración y autogeneración ha tenido gran influencia en el cambio de la visión y planeación estratégica porque les ha permitido una mayor optimización de recursos, una disminución significativa de los costos operacionales y una mayor rentabilidad en el largo plazo. Estos factores han sido la base de la toma de decisiones al momento de hacer estudios de factibilidad en todas las empresas evaluadas, pues la relación entre el *precio de la energía* en Colombia, los *costos energéticos* y la *sostenibilidad*, resultó tener una dinámica muy grande que aportó diversificación, mejoramiento de los procesos internos y externos y una mayor penetración en el mercado nacional.

6.4.2. DIAGNÓSTICO COMPARATIVO

Como está dispuesto en los objetivos, la finalidad de este proyecto es hacer una comparación entre el estado actual de Colombia y Brasil en cuanto a proyectos de Generación Distribuida y los impulsores que la han llevado a un mayor desarrollo dentro de estos dos países. A continuación, se muestran las gráficas de los resultados globales de ambos países:



Gráfica 17. Resultado global Colombia



Gráfica 18. Resultado global Brasil

En primera instancia, la *sostenibilidad* fue el aspecto de la cadena de suministro detonante sobre la decisión de las grandes empresas de internalizar las instalaciones de generación de energía en los dos países. Aunque este factor fue el máximo influyente en la gestión de GD, las razones de sostenibilidad de Colombia discrepan un poco de las de Brasil.

Como se explicó anteriormente, las razones de sostenibilidad en Colombia son claramente económicas y estratégicas, aunque estas últimas, apuntan hacia toma de decisiones de eficiencia energética para disminuir costos y aumentar ingresos. En el caso de Brasil, la sostenibilidad va orientada, por un lado, hacia el mejoramiento de la imagen social y medioambiental, ya que en la planeación estratégica es importante para las empresas la amabilidad con el medio ambiente, pues esto les brinda una ventaja competitiva en el mercado. Mientras que para Colombia, el mejoramiento de la imagen ambiental fue una consecuencia positiva de los proyectos, pues al momento de evaluar el potencial de éstos, el compromiso con el impacto ambiental no tuvo mayor influencia.

Por otro lado, el aspecto que más tuvo similitud en ambos países en cuanto a sostenibilidad, fue el uso económico eficiente de los subproductos del proceso, pues gracias a esto es que se ha permitido una rápida evolución en el desarrollo de nuevas tecnologías para la integración de la GD en los procesos productivos de las diferentes compañías.

Otra fuerza impulsora de la cadena de suministros enfatizada tanto por las compañías brasileras como colombianas es el *precio de los productos*. Para Brasil, el precio de la energía puede tener un fuerte impacto sobre las decisiones de internalizar, ya que éste depende de los requerimientos e incentivos estratégicos y legales enfocados en la valoración económica de los proyectos, lo cual influye en la decisión. En el caso colombiano, de igual manera el precio de la energía es elevado, porque aunque haya grandes reservas de recursos energéticos, los impuestos que conllevan generar energía convencional hacen que haya un alza en estos valores, haciendo muy atractivo el hecho de generar energía mediante sistemas no convencionales internamente.

La situación con los precios, es que las grandes compañías que tienen un respaldo económico fuerte, tienen la opción de escoger pagar lo que sea que cueste tener un suministro de energía, ya que sus costos de producción van a cubrir estas entradas energéticas de igual modo; o pueden buscar, inclusive

más a fondo, energías alternativas que les permitan disminuir estos costos y hacer más sugestivo el precio de la energía.

En orden de importancia, para Brasil fue un factor importante la necesidad de tener *innovación tecnológica*, ya que le permiten a estos proyectos mejorar la eficiencia, la flexibilidad y la adaptabilidad a través del uso de nuevos equipos y procesos aplicados en la GD. En Colombia, la decisión no fue tan enfocada en la necesidad de innovar en equipos, porque para las empresas, estas tecnologías tienen un grado de madurez alto; pero sí fue una consecuencia de su instalación, que además, le permitió alcanzar una mayor eficiencia energética y ser un sistema más flexible y adaptable. En ambos países, la innovación tecnológica es trascendental porque permitió aumentar la capacidad de respuesta.

Mientras que para Brasil el tercer impulsor más importante fue la *innovación tecnológica*, para Colombia fue tener *opciones de externalización*. Este último, no fue tan fuerte en las corporaciones brasileras porque, pese a que es un negocio atractivo a primera vista y podría aumentar ingresos, las compañías tienen más enfoque en el mejoramiento de la capacidad de respuesta y en la garantía de un suministro confiable de energía.

En cuanto a la escasez de recursos, en ambos países no es un factor de gran relevancia, ya que los dos cuentan con los recursos energéticos necesarios para suplir las necesidades de abastecimiento de electricidad en el largo plazo. Además, es importante recordar que los impulsores *confiabilidad y calidad y flexibilidad*, tuvieron un valor significativo en Colombia, pero en Brasil no fueron tomados en cuenta.

6.4.3. RETOS Y ESTRATEGIAS

Durante la investigación se pudo percibir varios retos que tuvieron en común las empresas. Aunque al momento de evaluar la viabilidad económica de los proyectos las empresas no necesitan prioritariamente apoyo financiero, sí es

notable que la mayoría de los desafíos van orientados hacia el desarrollo de un buen marco jurídico. A partir de esto, se enlistan los retos encontrados:

- ✓ Es un reto para los procesos de cogeneración, el hecho de poder vender excedentes sólo hasta 20 MW sin restricciones, ya que en caso de que se sobrepase este límite, deberán cumplir con ciertos requerimientos de abastecimiento, lo cual no les permite alcanzar eficiencias mayores si se desean tener más sobrantes de energía. La legislación exige un cumplimiento obligatorio para las empresas que deseen convertirse en plantas mayores (es decir, plantas que deseen vender más de 20 MW), lo que disminuye en gran medida la flexibilidad de los procesos internos. Las empresas que deseen hacerlo, deberán cumplir obligatoriamente con el suministro mínimo de 20 MW, lo cual podría generar problemas económicos en ciertos casos; por ejemplo, si se avería una caldera, la empresa debe abastecerse de la red convencional y deberá cumplir con la venta de excedentes, los cuales deben comprar a la bolsa y venderlos al mismo precio del contrato, lo que ocasionaría pérdidas, pues los precios de la bolsa son muy altos en comparación con los de la cogeneración. Por tal motivo, el soporte para avanzar en estos proyectos es difícil para las empresas.
- ✓ Otro limitante importante es la poca flexibilidad del sistema interconectado nacional, porque no permite que las compañías puedan abastecer de energía a otros agentes que se encuentren fuera de los límites establecidos por la regulación. Por ejemplo, la ley establece que los excedentes podrán ser vendidos dentro de cierto rango geográfico llamado la frontera embebida, ésta es la frontera que delimita hasta qué distancia es permitido abastecer energía.
- ✓ Las grandes empresas comercializadoras de energía son las que dominan el mercado, y los entes gubernamentales para favorecer sus precios, generan ciertas reglamentaciones que muchas veces hacen inviables o dificultan la operación de los cogeneradores en el mercado como comercializadores de energía. Por ejemplo, la ley estableció un

indicador para medir a los cogeneradores, llamado Rendimiento Eléctrico Equivalente, el cual deben cumplir para tener ciertas garantías que tienen otras empresas que venden con menor eficiencia la energía en el mercado.

- ✓ Uno de los retos grandes es lograr que los cogeneradores tengan los mismos beneficios tributarios y económicos de los grandes generadores.
- ✓ Un reto para Colombia en la reglamentación, es que esté adaptada para recibir excedentes energéticos de todos los generadores no convencionales y fuentes renovables que puedan existir en la región.

6.5. CONCLUSIÓN

En esta investigación se indagó sobre las razones principales que llevan a las empresas a internalizar la generación de energía, además de evaluar las conductas organizacionales que generan impacto sobre las estrategias de suministro energético de las empresas de Colombia. Se desarrolló un marco que tuvo en cuenta los criterios de la cadena de abastecimiento como requerimientos legales, inversiones iniciales, sostenibilidad, escasez de recursos, eficiencia operacional, aprovechamiento eficiente de subproductos, logística que acopla la generación de energía con los consumidores, entre otros.

La necesidad de las empresas de reducir costos y de aumentar ingresos, junto con la inducción de nuevas leyes que contribuyen al desarrollo del mercado energético, han inducido a varias compañías a tener iniciativas de externalización de productos u operaciones energéticas, lo cual ha traído consigo nuevas opciones para la internalización de instalaciones de generación distribuida. El propósito de las compañías al tomar decisiones de este tipo, se ha basado a lo largo de la historia y hasta ahora, en prácticas que les aporte una mayor rentabilidad económica a largo plazo y que les permita mejorar cada vez más su eficiencia mediante el desarrollo de tecnologías y estrategias de hacer-o-comprar. Gracias a estos sistemas se ha logrado evolucionar en

cuanto al cuidado del medio ambiente mediante la reducción de emisiones de efecto invernadero, ha aumentado la capacidad de respuesta con el uso de estas nuevas alternativas y se han logrado afianzar las visiones de sostenibilidad.

Respecto a los ocho casos de estudio, todos muestran que la influencia de los costos energéticos es el fundamento sobre el cual se han tomado las decisiones de GD. Las bases económicas predominan sobre los demás factores que puedan influir en la administración de este tipo de negocios, pues se considera que en Colombia el precio de la energía es lo suficientemente elevado para considerar entrar en el mercado como un nuevo proveedor que sea capaz de garantizar un suministro energético a menor costo y que pueda asegurar la misma o mejor confiabilidad y calidad del servicio.

Para estas empresas, el marco estratégico es muy importante porque ven en la generación distribuida, una forma de evolucionar e innovar sus salidas al mercado mediante la diversificación de los negocios que ofrece la internalización de generación de energía. La GD ha sido una de las mejores decisiones estratégicas porque influye en todas las partes de la estructura organizacional tanto administrativa como operacionalmente, pues ésta ha cambiado la visión de las compañías en cuanto a mejoramiento de la eficiencia de todos los procesos involucrados en la producción de su producto principal y ha abierto las puertas a la incursión en nuevos mercados.

Bibliografía

- Álvarez, C. A., & Serna, F. J. (2013). Análisis local y mundial de tendencias en generación distribuida. *CIDET*, 17.
- Álvarez, C. A., & Serna, F. J. (2013). Análisis local y mundial de tendencias en generación distribuida. *CIDET*, 53-59.
- Boal, J. (2010). *Smart Grid*. Valencia: ICAI.
- Carvajal, S. X., & Marín, J. D. (2011). Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico de potencia colombiano: un enfoque dinámico. *Tecnura*.
- Carvajal, S., & Marín, J. (2012). Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico de potencia colombiano: un enfoque dinámico. *Tecnura*, 1.
- Castaño, N., & Franco, C. (2011). *Formulación de políticas para la penetración de las Smart Grids en Colombia*. Medellín: UNAL.
- CEPAL. (2010). *Redes Inteligentes de Energía (Smart Grids) en América Latina y el Caribe: Viabilidad y Desafíos*. Santiago: CEPAL.
- Céspedes, R., Parra, E., Aldana, A., Ruiz, M. E., & López, R. (2011). *Implementation of Smart Grids in the Colombian Electrical Sector*. Bogotá: UNAL.
- CINTEL. (2012). *Construyendo una Colombia inteligente*. Bogotá: Colombia Inteligente.
- CIRCE. (2010). *Investigación en nuevos sistemas energéticos*. Sabaneta: IPSE.
- Climate, M. E. (2009). *Technology Action Plan: Smart Grids*. New York: MEF.
- Coll-Mayor, D., Pagebt, M., & Lightnerc, E. (2007). *Energy Policy*. United States: Board.
- Colombia, U. N. (2010). *Avances en programas de eficiencia energética en Colombia*. Barranquilla: UNAL.
- Colombia, U. N. (n.d.). *Avances en Programas de Eficiencia Energ.*
- Díaz, C. A., & Hernández, J. C. (2011). *Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte*. Cali: Integratic SAS.

- Duque, C., Marmolejo, E. F., & Rueda de Torres, M. T. (2004). *Análisis de Prospectiva de la Generación Distribuida en el Sector Eléctrico Colombiano*. Bogotá: Uniandes.
- Energética, U. d. (2014). *Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano*. Bogotá: UPME.
- Gischler, C., & Janson, N. (2011). *Perspectivas sobre la generación distribuida mediante energías renovables en América Latina y el Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana: BID.
- González, J., Restrepo, H., Isaac, I., & López, & G. (2011). *Esquema de incorporación de las Smart Grids en el sistema de potencia colombiano*. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín: UPB.
- Hernández, A. R. (2009). *La generación distribuida y su posible integración al sistema interconectado nacional*. Bogotá: CREG.
- Inteligente, C. (2011). *Marco Estratégico y Propuesta Proyecto Nacional de Redes Inteligentes en Colombia*. Bogotá: CI.
- Listone, H. A., & Turoff, M. (2002). *The Delphi Method*. United States: Addison-Wesley Publishing.
- Londoño, L. F. (2012). *Retos de la cogeneración frente a la garantía de abastecimiento energético*. Medellín: Asocaña.
- Mattos, M. (2014). *Energy Supply for Global Corporations: strategies for distributed generation in emerging markets*. Belo Horizonte: Federal University of Minas Gerais.
- Mattos, M. G. (2014). *Energy Supply for Global Corporations: strategies for distributed generation in emerging markets*. Belo Horizonte: Federal University of Minas Gerais.
- Nacional, U. (2010). *Avances en programas de eficiencia energética en Colombia*. Barranquilla: UNAL.
- Name, J. D. (2014). Con fuentes de energías renovables, Colombia comienza a solucionar conflictos con el medio ambiente. *Prensa Presidencia*.
- Presidencia, P. (2014). Con fuentes de energías renovables, Colombia comienza a solucionar conflictos con el medio ambiente. *Prensa Presidencia*.
- República, C. d. (2014). *Ley 1715 del 13 de Mayo de 2014*. Bogotá: Congreso.
- Rodríguez, Y. G., & Guerrero, F. A. (2013). Smart Grids y generación distribuida. *Revista Vínculos*, 304.
- Santos, J. M. (2014, 9 16). Colombia está entre los 5 países con mejor crecimiento económico. *El Espectador*.

- Trillos, C. I. (2012). *UNA DESCRIPCIÓN DE LOS CARGOS REGULADOS EN LAS TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA VIGENTES EN COLOMBIA EN 2012*. Medellín: EAFIT.
- UNAL. (2013). Eficiencia energética en la UN en Manizales con Smart Grids. *Universidad Nacional Sede Manizales*, 1.
- UPME. (2010). *Análisis y revisión de los objetivos de política energética colombiana de largo plazo y actualización de sus estrategias de desarrollo*. Bogotá: UPME.
- Valero, A. (2010). *La investigación en CIRCE en nuevos sistemas energéticos*. Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos. Sabaneta: IPSE.
- Varela, A. S. (2013). *El mercado de las energías renovables en Brasil*. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Brasilia. Brasilia: ICEX.
- Voss, C. T. (2002). *International Journal of Operation and Production Management*. London.
- Zapata, J. A. (2011). *IMPACTO DEL PIB, DEL GAS NATURAL Y DE LOS PRECIOS DE LA ELECTRICIDAD, EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA*. Medellín: EAFIT.