



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Tecnologías de energía renovable: una recomendación para el sector comercial colombiano**

**Luz Marina Morales Villamil**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de ciencias de la computación y la decisión

Medellín, Colombia

2017



# **Tecnologías de energía renovable: una recomendación para el sector comercial colombiano**

**Luz Marina Morales Villamil**

Trabajo fin de máster presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ingeniería – Sistemas energéticos**

Directora:

Ph.D. Diana Lorena Cadavid Higueta

Codirector:

Ph.D. Carlos Jaime Franco Cardona

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de ciencias de la computación y la decisión

Medellín, Colombia

2017



*A mi madre, Ana y Daro por ser fuente de amor incondicional, motivación, consejo y ayuda permanente. A Emmanuel un universo de colores.*

*Los amo.*



## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por permitir culminar la elaboración de este trabajo y cruzarme con personas maravillosas a lo largo de la realización del documento, a mi familia que en todo momento me apoyo y me brindo su amor incondicional, incluso en aquellos momentos más difíciles donde el cansancio me superaba. A Orlando que con su amor me ha impulsado a llegar siempre más alto y más lejos, por su paciencia y cariño me ha hecho ser siempre mejor.

Quiero agradecer a mi tutora Lorena Cadavid, que, con sus observaciones y recomendaciones fue guía permanente y ha enriquecido de forma maravillosa este trabajo con su apoyo en todo momento para la culminación del mismo, de igual forma a mi codirector Carlos Jaime Franco, que con su experiencia oriento este trabajo y siempre estuvo dispuesto a aclarar dudas y proponer perspectivas nuevas.

Finalmente agradezco a mis compañeros que con sus invaluable consejos y sonrisas me alentaron en todo momento a no desfallecer y a persistir hasta la conclusión de este trabajo. A todos aquellos que contribuyeron con este trabajo expreso mis más sinceros agradecimientos



## Resumen

La tecnología renovable está revolucionando el mundo por ser una alternativa eficaz, competitiva y económicamente viable para la transición energética de combustibles de carbono a tecnologías con nulas emisiones contaminantes. El sector terciario colombiano ha crecido aumentando su participación en la economía del país, donde sus territorios, áreas y sociedad de impacto es una oportunidad valiosa para disminuir la dependencia de combustibles fósiles e implementar nuevas estrategias energéticas que permitan eficiencia energética en este sector. En este trabajo se pretende recomendar tecnologías de energía renovable que se ajusten a las necesidades del sector comercial en Colombia, realizando una revisión bibliográfica de las tecnologías que se utilizan en diferentes países para este sector económico en específico. Los resultados obtenidos establecen que la participación de tecnologías como solar fotovoltaica y solar térmica, son las tecnologías con mayor desarrollo e investigación, lo que ha permitido una disminución importante en los costos, otra tecnología con potencial a implementar es la eólica, sin embargo, aún es necesario elaborar un marco regulatorio, social y ambiental que permita que este tipo de tecnologías puedan desarrollarse en el país.

**Palabras clave: eficiencia energética, energías renovables, microgeneración, sector comercial**

## Abstract

Renewable technology is revolutionizing the world because it is an effective, competitive and economically viable alternative for the transition of carbon fuels to technologies with contaminating polluting lines. The Colombian commercial sector has grown its participation in the country's economy, where its territories, areas and the society of influence is a valuable opportunity to decrease the dependence on fuels and implement new energy strategies that take advantage of energy efficiency in this sector. In this work, it is recommended the design of renewable energy technologies that meet the needs of the commercial sector in Colombia, making a literature review of the technologies used in different countries for this specific economic sector. The results were accepted as the participation of technologies such as photovoltaic solar energy and solar energy, technologies with greater development and research, which can no longer be done with costs, another technology with potential to implement the law, however, It is still necessary to develop a regulatory, social and environmental framework that allows this type of technology to be developed in the country.

**Keywords:** energy efficiency, renewable energy, microgeneration, commercial sector

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Capítulo 1. Antecedentes</b> .....	<b>5</b>
1.1 Costo de las tecnologías renovables .....	6
1.2 Concepto de sector comercial o terciario .....	10
1.3 Caracterización del sector comercial colombiano .....	11
1.4 Conclusiones del capítulo .....	20
<b>2. Capítulo 2. Marco Teórico</b> .....	<b>23</b>
2.1 Energías Renovables .....	24
2.2 Conclusiones del capítulo .....	27
<b>3. Capítulo 3. Revisión de literatura</b> .....	<b>29</b>
3.1 Objetivo general.....	35
3.2 Objetivos específicos .....	35
3.3 Conclusiones del capítulo .....	35
<b>4. Capítulo 4. Metodología</b> .....	<b>37</b>
4.1 Revisión del uso y tecnología para la microgeneración renovable en energía del sector comercial .....	37
4.2 Recomendación de tecnologías renovables para el sector comercial colombiano.....	44
4.3 Conclusiones del capítulo .....	51
<b>5. Capítulo 5. Conclusiones</b> .....	<b>53</b>
5.1 Recomendaciones .....	54
<b>6. Bibliografía</b> .....	<b>55</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1.3-1: Consumo de energía eléctrica por sectores económicos - 2016 _____	12
Figura 1.3-2: Consumo de gas natural por sectores económicos - 2016 _____	12
Figura 1.3-3: Usos con mayor demanda en el sector comercial colombiano, MME (2017) _____	13
Figura 1.3-4: Consumo de energía eléctrica por sectores _____	14
Figura 1.3-5: Porcentaje de ocupación según rama de actividad _____	17
Figura 1.3-6: Curva de carga horaria mensual el subsector Educación _____	18
Figura 1.3-7 Curva de carga horaria mensual el subsector Hoteles y Restaurantes_____	18
Figura 1.3-8: Curva de carga horaria mensual el subsector Servicios sociales y Salud _	18
Figura 1.3-9: Curva de carga horaria mensual el subsector Intermediación Financiera _	18

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1.3-1: Principales necesidades energéticas de acuerdo con los sub-sectores, elaboración propia con base en DANE (2006).....	15
Tabla 1.3-2: Potencial de eficiencia energética en Electricidad en Sector Terciario, adaptación de MME (2017) .....	20
Tabla 2.2-1: Tecnologías renovables implementadas en sectores económicos a nivel mundial, Elaboración propia con base en Renewable & Agency (2015), International Energy Agency (2015), López (2015), Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile (2017) Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile (2017), YU et al. (2014), Danish Energy Agency (2014), IDAE (2017), EIA (2017), Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala (2016), Dirección nacional de energía y tecnología nuclear (2008), Consejo nacional de energía -CNE- (2009) .....	31
Tabla 2.2-2: (Continuación) .....	32
Tabla 2.2-3: (Continuación) .....	33
Tabla 4.1-1: Usos y tecnologías principales utilizadas para la microgeneración en el sector comercial, Elaboración propia con base en Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011), Australian Renewable Energy Agency (2014), Khanna et al. (2016), Stötzer et al. (2015a), Jacobson et al. (2016), Ürge-Vorsatz et al. (2015), Farjana et al. (2017), Ghafoor et al. (2016), Voulis et al. (2017), Subramanyam et al. (2017), Liew et al. (2017), Raj et al. (2011), Mohammed et al. (2014), Stötzer et al. (2015), Lin et al. (2016), Bahria et al. (2016), Unternährer et al. (2017), Egger, Chistiane, Dell (2015), Solar Energy Industries Association (2013).....	39
Tabla 4.1-2: (Continuación) .....	40
Tabla 4.1-3: (Continuación) .....	41
Tabla 4.1-4: (Continuación) .....	42
Tabla 4.2-1: Probabilidad de implementación de tecnologías renovables en Colombia, elaboración propia con base en Jannuzzi et al. (2010), UPME & BID (2015), Gonzalez-Salazar et al. (2014), Gonzalez-Salazar et al. (2017), MME (2017), Botero B et al. (2010), Cardenas et al. (2017), Contreras & Rodríguez (2016), Vélez et al. (2017), Edsand (2017), Guzman et al. (2014).....	46
Tabla 4.2-1: (Continuación) .....	47
Tabla 4.2-2: Tecnología recomendada de acuerdo con la necesidad energética, elaboración propia.....	48

## Lista de Símbolos y abreviaturas

A continuación, se presenta el listado de abreviaturas utilizadas a lo largo de este documento.

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>CIIU</i>	Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades Económicas
<i>CSP</i>	Concentración de energía solar
<i>FNCE</i>	Fuentes no convencionales de energía
<i>FV</i>	Fotovoltaica
<i>GEI</i>	Gases de efecto invernadero
<i>GW</i>	Gigavatio
<i>MADS</i>	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible
<i>MME</i>	Ministerio de minas y energía
<i>MW</i>	Megavatio
<i>SIN</i>	Sistema interconectado nacional
<i>SUI</i>	Sistema unico de información
<i>TWh</i>	Teravatio hora

# Introducción

La perspectiva global y las exigencias del mercado de energía eléctrica hoy en día se centran en la eficiencia energética. La creciente presión mundial en el precio de los combustibles fósiles y la polución causada por estos, junto con los aspectos ambientales y de calentamiento global están demandando nuevas tecnologías que se dirijan a mejorar la prestación del servicio de energía eléctrica mientras se preservan los recursos naturales (Hossain, 2013). Es por esto, que promover las energías renovables significa proporcionar un suministro de energía seguro y limpio, al tiempo que apoya el crecimiento del PIB, mejora los saldos comerciales, crea valor local y empleos. La transición hacia un futuro energético sostenible para el año 2030 es técnicamente factible y económicamente viable (IRENA, 2015).

El consumo de energía por uso en el sector comercial está encabezado por la iluminación en grandes superficies y centros comerciales, un creciente requerimiento de energía para acondicionamiento de espacios y refrigeración acompañado del alto consumo en energía térmica (Cadena, González, & Báez, 2014), esto es debido a las actividades económicas características que se realizan en este sector, sin embargo, entre las estrategias de mejora en eficiencia energética fomentadas por el Ministerio de Minas y Energía - MME (2017) se encuentran incentivos económicos para el cambio de tecnologías de iluminación por la de tipo LED, cambio de electrodomésticos con mejores características energéticas y menor consumo, además del impulso de la eficiencia energética en el diseño, construcción y reconversión de las edificaciones. Por otra parte, según el informe del sistema de información minero energético colombiano, este sector solo consume cerca del 7% de la energía final del país, lo que muestra la baja intensidad energética de los servicios generados (UPME, 2016). Esta baja intensidad energética no implica necesariamente que la energía se use de manera eficiente, simplemente refleja que el crecimiento económico del país se está dando en un sector que consume poca energía (MME, 2017).

Para realizar una integración de las tecnologías renovables en el sector comercial es necesario analizar los usos que en el mundo se están dando para este tipo de fuentes de generación, y con base en esto, recomendar tecnologías de energía renovable que se ajusten a las necesidades del sector comercial en Colombia, el cual es el objetivo general de este trabajo; con base en los avances regulatorios y políticos realizados desde el gobierno con la ley 1715 para la promoción de energías renovables (Congreso de Colombia, 2014).

La metodología utilizada en este trabajo inicia con una fase exploratoria a través de una revisión bibliográfica de la literatura y textos científicos para indagar las tendencias internacionales en materia de energías renovables en el sector comercial y el contexto actual del sector terciario en Colombia y sus diversas actividades económicas, obtenidas de fuentes oficiales. Esto se realiza para la caracterización del sector terciario colombiano, las actividades económicas de este sector y los usos principales de la energía. Consecutivamente se realiza una fase exploratoria de revisión de literatura científica para la caracterización de las energías renovables implementadas para satisfacer las necesidades, usos y aplicaciones del sector comercial a nivel mundial, seleccionando las lecciones aprendidas que permitan determinar las potencialidades de las tecnologías y el posible uso de estas en el contexto colombiano. Seguidamente se realizará una fase de estudio en la que se analizarán las tecnologías seleccionadas y su evaluación de potencial con el uso de la energía en las actividades económicas del sector terciario en el país.

En este trabajo se concluyó que las fuentes de generación con mayor implementación con base en la demanda comercial son: para calefacción, acondicionamiento de espacios, calentamiento de agua, refrigeración e iluminación, las tecnologías ampliamente utilizadas para este fin son las relacionadas con la solar tanto fotovoltaica como térmica, por otro la tecnología con mayor uso para la cocción es la solar térmica, sin embargo, las demás tecnologías son competitivas en este uso, para el lavado tanto la solar térmica como la FV y biomasa son las más competitivas en esta necesidad. La energía solar se encuentra en una etapa de madurez tecnológica y disminución en los costos de los equipos lo que la ha hecho destacar en las aplicaciones de uso comercial

El documento tiene una estructura como se explica a continuación: en el primer capítulo de explican los antecedentes para comprender el contexto del sector comercial colombiano y las potencialidades que presenta para la integración de las tecnologías renovables, en el

---

segundo capítulo se exponen los principales conceptos utilizados a lo largo del documento. A continuación en el capítulo tres se hace un recorrido por el estado del arte de la tecnología renovable usada en el sector comercial a nivel mundial, en el cuarto capítulo se presenta la metodología utilizada sobre la cual se desarrollan las recomendaciones para el tipo de tecnologías renovables para los diferentes tipos de actividades desarrolladas en el sector comercial colombiano, en el quinto capítulo se exponen las conclusiones obtenidas y los trabajos futuros recomendados.



# Capítulo 1. Antecedentes

En este capítulo se presenta la importancia del sector comercial en Colombia, su evolución en los últimos años y proyección como un sector de consumo energético y oportunidades de mejora del sector a través de la adaptabilidad de tecnologías limpias. El sector comercio constituye parte importante de la economía nacional dada su participación en el Producto Interno Bruto (PIB), en el volumen de bienes de consumo final que circulan por este canal, en el crecimiento de las empresas y por ende en el empleo que genera, es por esto que es una parte vital de la economía donde así mismo, tiene una gran capacidad de exploración y explotación hacia una transición tecnológica que permita aumentar la competitividad y así mismo ser un sector líder en el uso de generación renovable.

La economía colombiana, al igual que otras del mundo, ha mostrado durante las últimas décadas una mayor participación del sector terciario, de manera que, en la actualidad, constituye cerca del 60% del PIB nacional (MME, 2017). Por otra parte, según el informe del sistema de información minero energético colombiano, este sector solo consume cerca del 7% de la energía final del país, lo que muestra la baja intensidad energética de los servicios generados (UPME, 2016). Esta baja intensidad energética no implica necesariamente que la energía se use de manera eficiente, simplemente refleja que el crecimiento económico del país se está dando en un sector que consume poca energía (MME, 2017). Con base en el informe desarrollado por la UPME (2013) sobre la caracterización y consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores económicos, es necesario concentrar esfuerzos para atender a las necesidades crecientes del sector comercial colombiano especialmente en subsectores prioritarios como los relacionados con la iluminación en grandes superficies y centros comerciales que hasta el año 2013 el consumo era de aproximadamente 31%, el creciente requerimiento de energía para acondicionamientos de espacios con un consumo del 22,8% y de refrigeración del 13,9%, lo que indica las necesidades energéticas más urgentes y con potencial para suplirlas a través de tecnologías renovables.

---

Según las cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2017a) desde el año 2016 hasta febrero del año 2017 los almacenes no especializados con surtido compuesto principalmente por productos diferentes de alimentos, bebidas y tabaco registraron un incremento de 5,9% y los almacenes no especializados con surtido compuesto principalmente por alimentos y especializados en venta de alimentos presentaron un crecimiento en sus ventas reales de 0,8% con respecto al año anterior. Del monto total de las ventas realizadas, el comercio al por mayor participó con 53,3% de las ventas, seguido por el comercio al por menor con 34,1% y el comercio de vehículos automotores, motocicletas, sus partes y piezas con 12,7% con respecto al año 2014. En 2015, la mayor participación en la producción bruta correspondió al comercio al por mayor con 59,4%, 29,9% al comercio al por menor, y 10,7% a las empresas dedicadas a la venta de vehículos automotores, motocicletas, sus partes, piezas y accesorios. El comercio al por mayor presentó la mayor participación del consumo intermedio (53,6%), seguido por el comercio al por menor (36,3%) y el restante 10,1% correspondió al comercio de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios con respecto al año 2014 (DANE, 2015), en conclusión, el sector comercial es un sector dinámico que en los últimos dos años ha tenido un crecimiento representativo, siendo el sector con mayores proyecciones y con la mayor fuerza laboral que ocupa, mejorando los índices de desempleo y manteniéndose en los últimos años con cifras positivas sobre su crecimiento y aumentando su participación cada vez mayor en el PIB nacional (DANE, 2017b).

## 1.1 Costo de las tecnologías renovables

En esta subsección se revisará el estado del costo de las tecnologías renovables con mayor uso a nivel mundial, teniendo como base aquellas con un alto nivel de aprendizaje adquirido, mejoras considerables en la parte técnica, disminución de los costos e implementación en aplicaciones del sector comercial. Se eligen las cuatro fuentes de generación renovables con mayor despliegue en el mundo: energía eólica, solar, biomasa y geotérmica (Power Technology, 2014). En 2015, la energía eólica fue la principal fuente de energía renovable de electricidad en Europa y Estados Unidos, y la segunda más importante en China; a nivel mundial, se añadió un récord de 63 GW, sumando un total aproximado de 433 GW (REN21, 2016), así mismo, la energía solar, es la segunda fuente

de generación renovable más utilizada en el mundo, especialmente la FV con países como Alemania, Italia, China, Estados Unidos y Japón que poseen la mayor capacidad de energía solar FV en el mundo (Power Technology, 2014). El uso de bioenergía ha prosperado con mayor rapidez a un promedio anual de 8% aproximadamente, siendo la tercera fuente de energía renovable con mayor difusión en el mundo, destacándose los usos para la generación de calor y electricidad (Power Technology, 2014). Alrededor de 315 MW de nueva capacidad de energía geotérmica entraron en funcionamiento en el 2015, elevando el total mundial a 13.2 GW y consiguiendo ser la cuarta fuente de generación renovable con mayor uso mundialmente, países como Estados Unidos, Filipinas, Indonesia, México e Italia constituyen los cinco principales productores de energía geotérmica en el mundo, logrando un estimado de 75 TWh durante todo el año (EIA, 2017b).

Según el Laboratorio Nacional de Energía Renovable -NREL (2016) una serie importante de factores ha permitido la disminución paulatina de los costos en los sistemas FV como la disminución en los precios de los componentes, el aumento de la competencia, menores gastos generales y mejores configuraciones permitiendo que los costos de los sistemas solares fotovoltaicos sean cada vez más bajos, asequibles y atractivos para su implementación en los diferentes sectores económicos. En el sector comercial la disminución de costos de un vatio de corriente directa durante los últimos 7 años en un sistema FV se ha reducido de 5,23 USD en 2009 a 2,13 USD en el año 2016 (Fu et al., 2016). Según NREL (2016), las reducciones de los costes de hardware en especial los precios de los módulos y los inversores, fueron uno de los factores más importantes en la disminución de costos de todo el sistema, además de la importancia de los costos suaves, que son aquellos que no están relacionados con el hardware, como la parte administrativa enfocada a los permisos, inspecciones e interconexiones de los paneles, la adquisición de los predios, impuestos de ventas y gastos en la parte de ingeniería y mano de obra calificada en la instalación (Fu et al., 2016).

En 2016 para la energía eólica se pronostican 64 GW en nuevas instalaciones de generación eólica, lo que supone un aumento muy modesto del 0,8%, seguido de 68 GW (+ 6,3%) en 2017. Para 2020, la previsión de nuevas instalaciones con turbinas eólicas es de 79,5 GW y una capacidad instalada total de 792,1 GW (A Forecast International Inc, 2017). Sin embargo, a pesar del constante crecimiento de la industria eólica, aun es necesario afrontar desafíos como el precio de la materia prima, el margen de beneficio, la

---

tecnología de la turbina (más grande, más alta, más ligera, más fiable), acceso a las redes de transmisión y mayor número de incentivos y políticas públicas (Hand, 2010). La evolución en los costos por Kilovatio ha tenido una disminución que ha permitido tener una mayor participación en la canasta energética del mundo, superando incluso a la energía solar fotovoltaica con unos precios de 135 USD/MWh en 2009 a 45 USD/MWh en 2016 (Lazard, 2016), además de tener eficiencias superiores en comparación con la tecnología FV (A Forecast International Inc, 2017). Sin embargo, esta tecnología continua siendo costosa debido al aumento de los materiales, los precios de los insumos de mano de obra, aumento general en la rentabilidad del fabricante de turbinas debido en parte al fuerte crecimiento de la demanda, aumento de los costos de las garantías de turbinas, aumento del tamaño de la turbina incluyendo la altura del buje y el diámetro del rotor (Great & Surge, 2011). La energía eólica es hasta ahora la tecnología más económica, su integración al sistema interconectado nacional aún debe estudiarse, debido a las fluctuaciones propias de la tecnología, además de la viabilidad del terreno, debido a los problemas de impacto social que esto significa a la hora de implementar la tecnología en un predio.

Muchas tecnologías de generación de energía de biomasa están maduras siendo esta una opción de generación de energía competitiva dondequiera que haya desechos agrícolas o forestales de bajo costo disponibles (IRENA - International Renewable Energy Agency, 2012). En general, las soluciones de bioelectricidad más competitivas involucran el uso de residuos de biomasa sólida de actividades forestales y agrícolas como astillas de madera, cáscaras de arroz y bagazo de caña de azúcar (International Renewable Energy Agency, 2016). Dado que la materia prima de biomasa carece de durabilidad, las cuestiones relacionadas con el almacenamiento y el transporte añaden costes a la generación de este tipo de energía, lo que hace que la generación sea costosa (Reportlinker, 2015). Los desechos de biomasa más utilizados en el mundo y su costo proyectado para el año 2021 son el maíz con un costo de 260 USD, trigo a 300 USD, arroz a 466 USD, bagazo de caña de azúcar 490 a USD y las semillas oleaginosas a 566 USD (Bang, Vitina, Gregg, & Lindboe 2013). Según Bang et al. (2013) los principales elementos de costo de capital para un sistema de energía de biomasa incluyen el almacenamiento de combustible, calderas, motores, generadores, controles, pilas y equipos de control de emisiones, sin embargo el costo de los sistemas con mayor capacidad de combustión de materia de biomasa tienden a disminuir, ya que los costos de las materias primas pueden ser cero para algunos

desechos, incluidos los que se producen en las instalaciones industriales, como el licor negro en las fábricas de pasta y papel o el bagazo en las fábricas de azúcar (International Renewable Energy Agency, 2016), no obstante presenta inconvenientes en el transporte por las grandes distancias y costo de la materia prima por volumen, por el contrario los sistemas de menor capacidad tienen costos de operación y mantenimiento mayores, enfrentándose a problemas de poca generación y eficiencia energética. A pesar de la diversidad de tecnología existente, algunas de ellas son favorecidas de acuerdo con las características del sector agrícola, desarrollo rural y económico de los países, además de las políticas públicas sobre la gestión de residuos y potencial energético del material forestal, por lo tanto, el desarrollo y la fijación de precios permite la evolución de una tecnología más que otra ayudados por la cultura y costumbres propias de cada país.

El potencial técnico estimado para la electricidad geotérmica y el calor geotérmico excluye las tecnologías geotérmicas avanzadas que podrían explotar la roca caliente o los recursos hidrotérmicos, magma y los representados en el mar. Aunque la energía geotérmica tiene un gran potencial técnico, su explotación se ve obstaculizada por los costos y las distancias de los recursos de los centros de demanda de energía (Beerepoot, 2011). Los proyectos geotérmicos suelen tener altos costos iniciales de inversión debido a la necesidad de perforar pozos, costos de financiamiento (intereses de deuda y tasas de capital), impuestos, costos de desmantelamiento, vida económica de la inversión, además de la operación y mantenimiento que varían dependiendo de la capacidad de la planta (Goldstein et al., 2011). Los sistemas de generación de energía geotérmica pueden alcanzar costos razonables y competitivos en varios casos, pero estos varían considerablemente dependiendo del tamaño de la planta, el nivel de temperatura del recurso y la ubicación geográfica. Aunque los costos del desarrollo de este tipo de proyectos son poco evaluables debido a la limitada experiencia derivada de las plantas piloto, la poca inversión actual en investigación y desarrollo en este campo y la innovación tecnológica que pone una barrera importante para el aprovechamiento de esta generación de energía (Aposteanu et al., 2014), es importante mencionar el potencial que puede alcanzar este tipo de tecnología con ayuda de subsidios que permitan la capacitación de personal especializado en esta área, además de recursos del gobierno destinados a la exploración y explotación de recursos geotérmicos, sin embargo las limitaciones son evidentes, debido a que otro tipo de tecnologías renovables tienen menores inconvenientes en la parte económica, y se tiene un gran potencial y aprendizaje adquirido, sin embargo a largo plazo se espera que

la tecnología mejore significativamente, reduciendo los costos y haciéndola mayormente atractiva para su inversión. Por otro lado, la cifra actualizada en costos de este tipo de tecnología aún no se encuentra disponible en las principales plataformas debido a que pocas empresas son líderes en el mercado y esto significaría ventilar sus cifras a la competencia.

## 1.2 Concepto de sector comercial o terciario

En esta subsección se analiza el concepto del sector comercial en el contexto colombiano y como se diferencia de las demás actividades económicas del país, es necesario comprender las características propias del sector para conocer las potencialidades y limitaciones del mismo al recomendar fuentes de generación renovable en los subsectores que lo componen.

El objeto de cualquier sistema económico es la producción de bienes y servicios para satisfacer las necesidades de los individuos que lo conforman (Banco de la República - Departamento de Comunicación Institucional., 2013) así mismo se tiene una clara diferenciación entre las actividades básicas del sistema económico como son la producción, consumo e inversión. Los sectores económicos hacen referencia a una parte de la actividad económica cuyos elementos tienen características comunes, guardan una unidad y se diferencian de otras agrupaciones. Su división se realiza de acuerdo con los procesos de producción que ocurren al interior de cada uno de ellos (Banco de la República, 2015). En Colombia según Banco de la República (2015) y de acuerdo con la división de la economía clásica, los sectores de la economía son los siguientes:

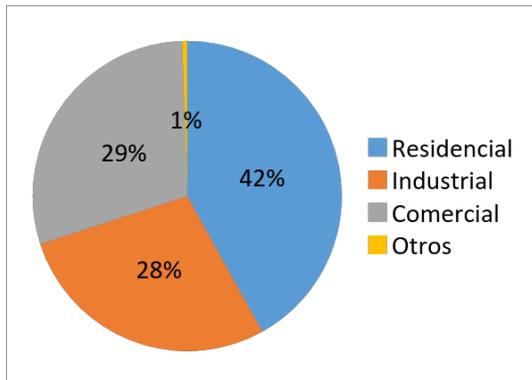
- Sector primario o sector agropecuario: Obtiene el producto de sus actividades directamente de la naturaleza, sin ningún proceso de transformación (Banco de la República, 2015).
- Sector secundario o sector Industrial: Comprende todas las actividades económicas de un país relacionadas con la transformación industrial de los alimentos y otros tipos de bienes o mercancías, los cuales se utilizan como base para la fabricación de nuevos productos (Banco de la República, 2015).
- Sector terciario o sector de servicios: Incluye todas aquellas actividades que no producen una mercancía en sí, pero que son necesarias para el funcionamiento de

la economía. Como comercio, restaurantes, hoteles, transporte, servicios financieros, comunicaciones, educación, servicios profesionales, salud, seguridad y el Gobierno (Banco de la República -Departamento de Comunicación Institucional., 2013)

### **1.3 Caracterización del sector comercial colombiano**

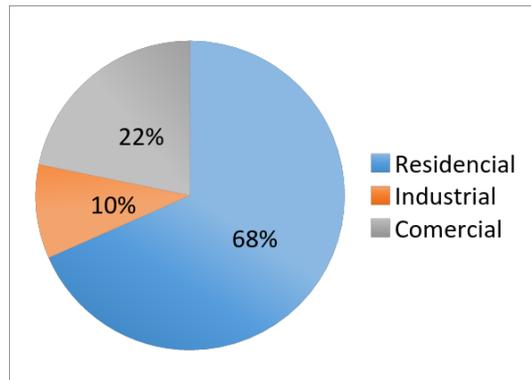
En el año 2016 se renovaron las metas que estableció el Ministerio de Minas y Energía - MME a través del Plan de acción indicativo del Programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales –PROURE-, en la cual estipula los nuevos retos de ahorro y eficiencia energética en el periodo comprendido entre el año 2017 y 2022 de cada uno de los sectores económicos en Colombia, donde según el MME, (2017) la meta es de 9,05% de FNCE en términos de capacidad instalada del Sistema Nacional Interconectado –SIN- en donde el sector terciario cuenta con una participación del 1,13%. El estudio de caracterización realizado por la UPME en 2013 indica que el potencial de eficiencia energética en electricidad por cambio tecnológico en el sector terciario es del 14,8% (MME, 2017). De acuerdo con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2016), el SIN contaba a finales del año 2016 con 13.682.257 usuarios, de los cuales el 91,1% corresponden al sector residencial y el 8,88% pertenece a los usuarios no residenciales, en los que se incluyen el sector industrial, comercial y otros. Por otro lado, según el Sistema Único de Información -SUI (2016b) para este mismo año se contaban con 7.909.081 usuarios residenciales de gas natural que representan el 98,2% de este sector, el 2% restante pertenece a usuarios no residenciales con participación mayor del sector comercial del 1,76% y usuarios industriales del 0,04%. La Figura 1.3-1 y Figura 1.3-2 presentan el consumo de energía eléctrica y gas natural en los sectores de la economía en Colombia, en ambos casos el mayor porcentaje es para el sector residencial con una participación importante en el consumo energético. Sin embargo, el sector comercial tiene la segunda posición, sobrepasando al sector industrial, esto debido al aumento en la participación del PIB nacional y su continuo crecimiento que se proyecta cada vez más alto con respecto a los sectores económicos (Malagón, 2017)

**Figura 1.3-1:** Consumo de energía eléctrica por sectores económicos - 2016



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios,(2016a), elaboración propia

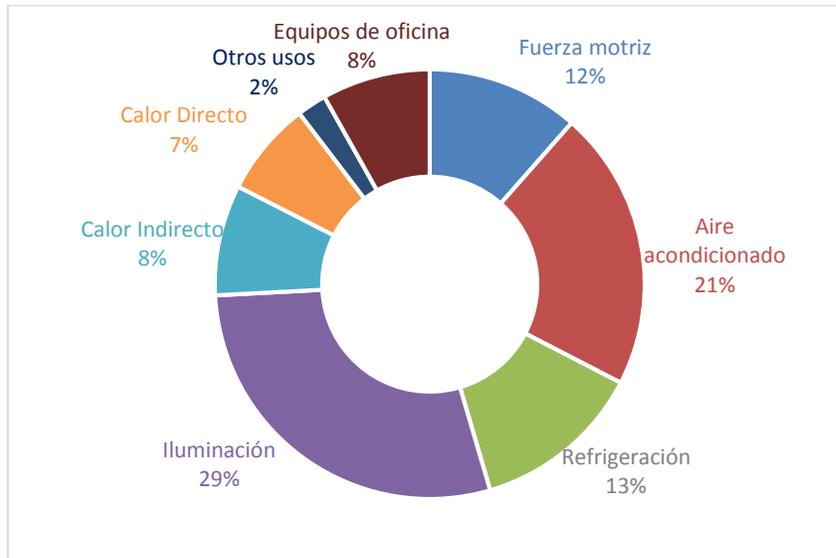
**Figura 1.3-2:** Consumo de gas natural por sectores económicos - 2016



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2016b), elaboración propia

Desde el año 2009 hasta el año 2016 el consumo eléctrico y de gas natural del sector comercial ha ido avanzando de forma creciente desplazando al sector industrial, esto debido a su auge económico y el desarrollo de nuevos subsectores comerciales como el de los sistemas de información y comunicación, además de los notables avances en el subsector hotelero, restaurantes y servicios en los últimos años (Superintendencia de servicios públicos, 2014). Así mismo este sector tiene importantes subsectores que lo conforman y que en conjunto demuestran el crecimiento económico en los últimos años. La Figura 1.3-3 presenta los principales usos del sector que se encuentran claramente identificados por el MME (2017), estos usos se dan de acuerdo el tipo de negocio, ubicación geográfica, costumbres y cultura dando un uso final específico a la energía eléctrica y gas natural: Iluminación, refrigeración, cocción entre otros. Es de esta forma caracterizando el uso final de los recursos energéticos cómo es posible determinar qué tipo de actividades es posible atacar a través de la transición tecnológica hacia una generación renovable que permita sustituir el uso de la energía suministrada por red. A continuación, se muestran los usos energéticos con mayor uso en el sector terciario colombiano.

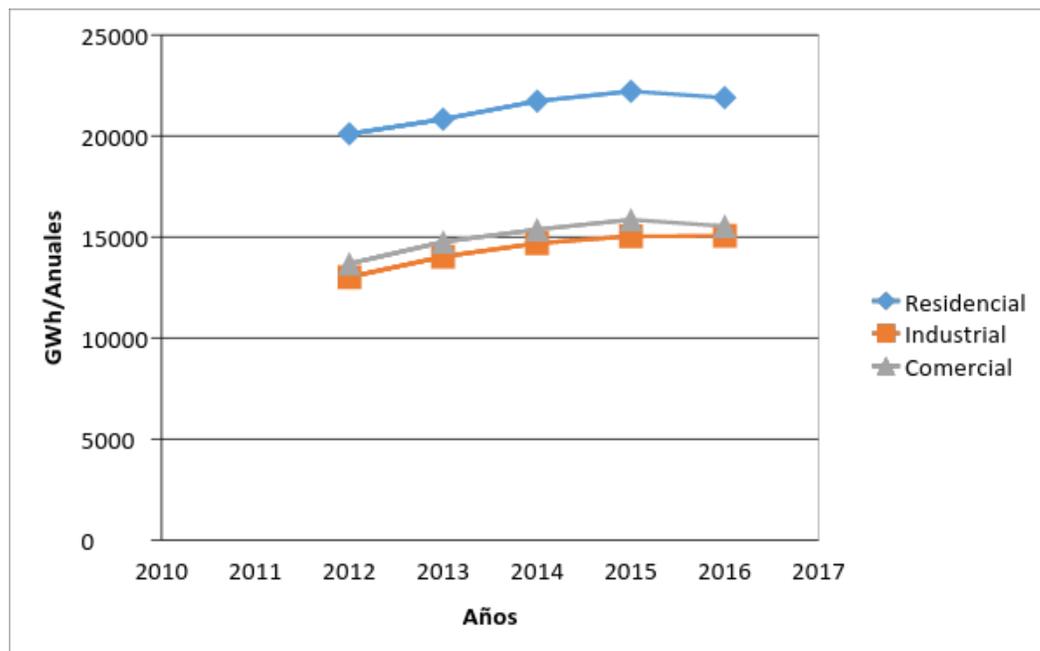
**Figura 1.3-3:** Usos con mayor demanda en el sector comercial colombiano, MME (2017)



La Figura 1.3-3 muestra que el mayor uso energético es la iluminación de los espacios y el alumbrado público, la cual se puede explicar por las características propias de las actividades económicas del sector comercial, donde centros comerciales, hospitales, escuelas y universidades, restaurantes y hoteles las bobillas están gran parte del día y la noche encendidas, el aire acondicionado es el segundo uso con mayor frecuencia en este sector destinado a la climatización de espacios que algunos subsectores como hoteles, restaurantes, administración pública y financiera utilizan con frecuencia. En la fuerza motriz se encuentra el trabajo realizado por ascensores, escaleras eléctricas, motobombas, bombas eléctricas de calderas, compresores, extractores de aire y ventiladores (Rodríguez, 2009), el calor directo es usado para la cocción de alimentos mientras que el calor indirecto es usado típicamente para calentamiento de espacios, lavandería, esterilización de ropa y equipo médico (Rodríguez, 2009), usos que se destacan en los sub-sectores comprendido por restaurantes, hoteles, hospitales, universidades y escuelas.

La Figura 1.3-4 muestra el aumento en el consumo del sector terciario, el cual se ha disparado en el uso de energéticos para la prestación de los servicios, desde el año 2012 hasta el año 2016 se ha tenido un crecimiento que supera al sector industrial, siendo prometedor para impulsar el comercio y mano de obra (SSPD, 2014). Se muestra además el consumo de energía eléctrica por sectores desde el año 2012 hasta el año 2016, mostrando que en este periodo de tiempo el consumo energético del sector comercial es levemente mayor que el sector industrial. Así para el año 2016 el consumo de energía en GWh en el sector comercial fue de aproximadamente 15,1 GW con respecto a los 15GWh al año del sector industrial en ese mismo año.

**Figura 1.3-4:** Consumo de energía eléctrica por sectores



Elaboración propia con datos SSPD (2014),

Según el DANE (2006) en Colombia los sub-sectores que hacen parte del sector terciario y los establecimientos que lo componen son diversos y las actividades económicas que se realizan en cada uno de ellos es variable, debido a que en este sector se encuentra desde edificios de administración pública y defensa hasta alumbrado público, en la Tabla 1.3-1 se muestran los subsectores que componen el sector terciario y las principales necesidades energéticas de cada actividad económica.

**Tabla 1.3-1:** Principales necesidades energéticas de acuerdo con los sub-sectores, elaboración propia con base en DANE (2006)

SECTORES ECONÓMICOS	Principales necesidades energéticas							
	Aire acondicionado	Calor Directo	Calor Indirecto	Equipos de oficina	Fuerza motriz	Iluminación	Refrigeración	Otros usos
Comercio al por mayor y al por menor	X					X	X	
Hoteles y Restaurantes	X	X	X	X	X	X	X	X
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	X					X	X	
Intermediación Financiera	X			X	X	X	X	X
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	X			X	X	X	X	X
Administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria	X			X	X	X	X	X
Educación	X	X		X	X	X	X	X
Servicios sociales y de salud	X	X		X	X	X	X	X
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales				X		X	X	X
Alumbrado público						X		
Suministro de agua								

De acuerdo con la tabla anterior se determina que la necesidad con mayor uso en todos los sectores económicos es la iluminación, sin embargo, para este sector en específico se están planeando mejoras en la eficiencia energética como la adopción de luminarias tipo LED, no solo en los diferentes sub-sectores del sector servicios, sino enfocados principalmente al alumbrado público, ya que este servicio representa aproximadamente el 3% de la energía eléctrica del país, se estima además, que con la modernización de 300.000 lámparas sustituyendo tecnología de sodio de alta presión por tecnología LED, se lograría reducir un 12% el consumo de energía en este segmento, con una reducción además en los costos de mantenimiento y un mejoramiento de la calidad de la iluminación (MME, 2017). Por otro lado, el segundo consumo con mayor uso es el aire acondicionado, el cual según las cifras del Ministerio de Minas y Energía (2006) se tiene una mayor demanda no solo por las condiciones de temperatura alta en las diferentes ciudades del país, sino que además, está asociado directamente al tipo de establecimiento comercial,

---

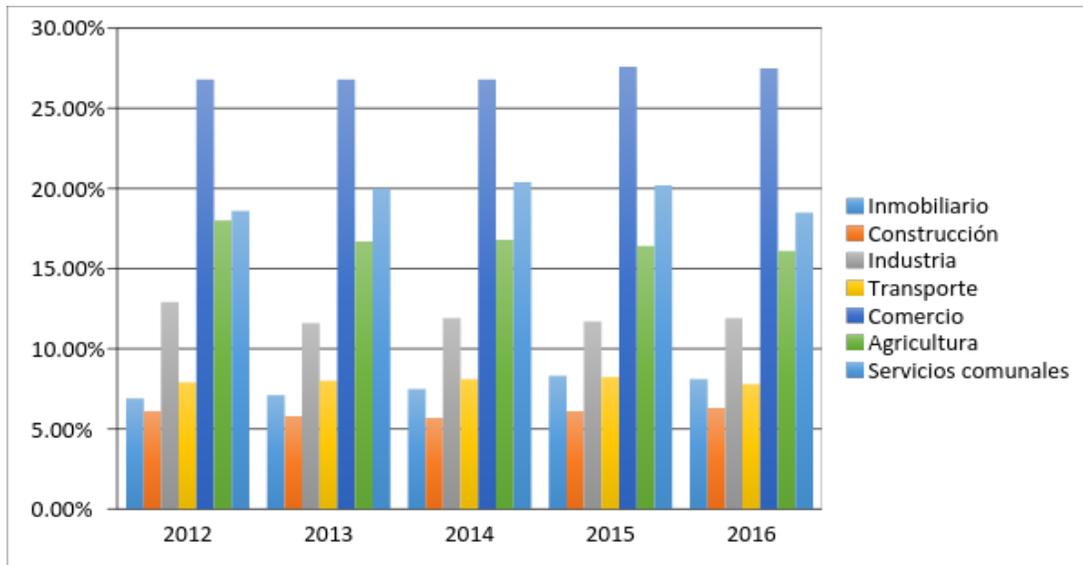
posicionándose principalmente en grandes centros comerciales, hoteles y hospitales. El tercer uso con mayor frecuencia es el sistema de refrigeración que comprende tanto los cuartos fríos como cavas y neveras, los cuales el consumo mayoritario se presenta en los centros comerciales seguido por el sector hotelero. Finalmente, según el mismo informe otros usos como calderas, ascensores, bombas de agua, cocción y calentamiento presentan una fuerte predominancia en centros comerciales y hospitales, esto es debido a las condiciones de cada uno de los establecimientos, la alta densidad de población que circula todos los días y las características propias de los servicios que brindan.

En el año 2016 respecto al año 2015 el incremento del Producto Interno Bruto fue de 1,9% impulsado principalmente por el comportamiento en aumento del sector comercial, particularmente en las actividades relacionadas con la construcción, establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas. En el 2016 se incrementó la ocupación laboral en 150 mil empleos respecto al año 2015, para un incremento de 0,7% (DANE, 2016). Por sectores económicos el sector con mayor participación en la ocupación nacional fue comercio, hoteles y restaurantes con 27,5%, seguido por servicios comunales, sociales y personales con 19,5%, agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca con 16,1% e industria manufacturera 11,9% (DANE, 2017b). A pesar de la desaceleración del tercer trimestre de 2016, la recuperación de los precios del petróleo ha mitigado el impacto negativo en la economía nacional y el lento crecimiento de la economía mundial, en particular de las latinoamericanas. De hecho, a pesar del contexto externo, el comportamiento de la actividad económica colombiana es todavía fuerte (DANE, 2017b), encabezado principalmente por el sector terciario, el cual ha tenido un crecimiento mayor y donde cada año aumenta su participación en el PIB nacional.

La Figura 1.3-5 presenta los últimos 5 años el porcentaje de ocupación según la actividad económica mostrando con énfasis especial el sector comercial el cual es el que registra mayor captura de mano de obra contribuyendo a mejorar los índices de desempleo y desocupación en el país, incluso superando sectores tradicionalmente líderes como la industria y el agro. Este crecimiento sostenido y con proyecciones de aumento aún mayores, es debido a la inclusión de actividades económicas estratégicas en el país, desarrollo de infraestructura y crecimiento constante que aportan de forma importante en el PIB e inclusión social. Para el año 2016, la actividad económica de comercio y servicios inmobiliarios, ambas pertenecientes al sector terciario, presentan más del 60% de

ocupación laboral, el comercio con un 27% y los servicios inmobiliarios con un 18% aproximadamente.

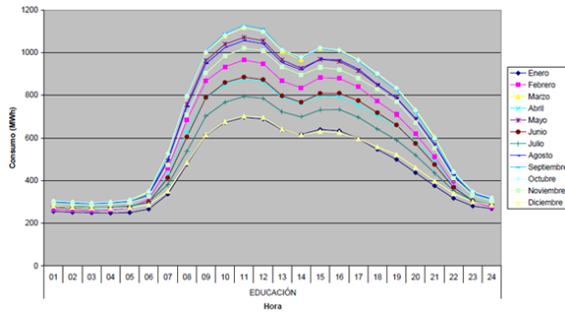
**Figura 1.3-5:** Porcentaje de ocupación según rama de actividad



Elaboración propia con datos DANE (2017b),

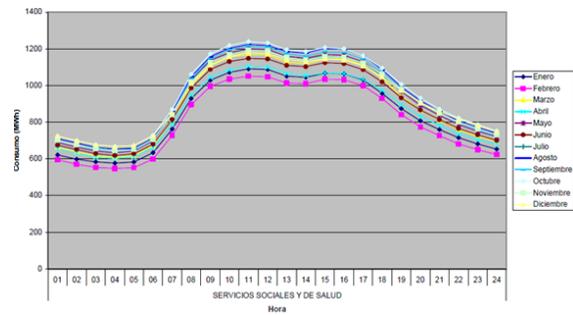
La demanda del sector comercial cuenta con una participación secundaria en la demanda de energía eléctrica, siendo ésta el 29% de la demanda total de energía eléctrica del sistema. La caracterización del consumo diario es variable de acuerdo con el subsector, debido a que las actividades que se realizan en cada uno de ellos son diferentes, además de las variaciones culturales, geográficas, competencias desarrolladas, fechas específicas y áreas de especialidad. En las Figura 1.3-6, Figura 1.3-7, Figura 1.3-8, Figura 1.3-9 se presentan las curvas de carga horaria mensual de algunos subsectores que componen el sector terciario, mostrando el comportamiento típico que refleja el consumo energético en estas actividades económicas del sector comercial.

**Figura 1.3-6:** Curva de carga horaria mensual el subsector Educación



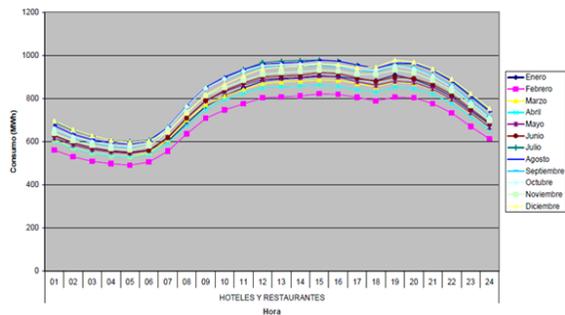
Rodriguez (2009)

**Figura 1.3-8:** Curva de carga horaria mensual el subsector Servicios sociales y Salud



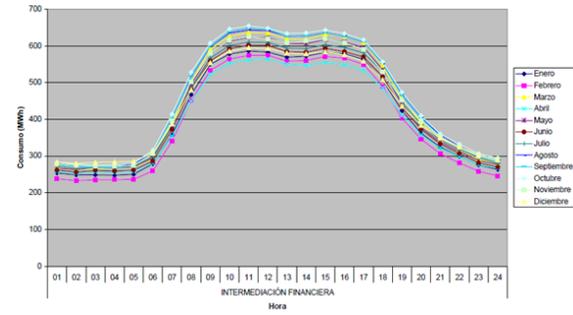
Rodriguez (2009)

**Figura 1.3-7** Curva de carga horaria mensual el subsector Hoteles y Restaurantes



Rodriguez (2009)

**Figura 1.3-9:** Curva de carga horaria mensual el subsector Intermediación Financiera



Rodriguez (2009)

En los subsectores comerciales de la Figura 1.3-6, Figura 1.3-8, Figura 1.3-9 presentan un mayor pico de carga durante el mediodía, esto es debido a que coincide con la hora del almuerzo, lo que demanda un aumento energético para la cocción y preparación de alimentos. Además, el pico coincide con horas del día donde se aumenta la temperatura, lo que conlleva a un aumento en el consumo de aire acondicionado, ventiladores, entre otros. En la Figura 1.3-7 se muestra un comportamiento homogéneo a lo largo de todo el día, esto debido a que este tipo de subsector presta sus servicios la mayor parte del día e incluso 24 horas, demandando un mayor consumo energético por el tipo de servicios que se prestan allí. Las áreas urbanas consisten en una mezcla de hogares y servicios, tales como oficinas, tiendas y escuelas. La evaluación realista del potencial de la integración de

recursos renovables en las ciudades requiere modelos que incluyan perfiles detallados de demanda y generación. La inclusión del sector de servicios conduce a mejores estimaciones estadísticamente significativas del potencial de la integración de recursos renovables en las áreas urbanas (Voulis, Warnier, & Brazier, 2017). En grandes áreas de instalación comercial e industrial es mejor el aprovechamiento de la energía y su integración a un sistema interconectado, además de un sistema de baterías para evitar el desperdicio de energía verde excedente (Voulis et al., 2017). Es así también una alternativa de aprovechamiento máximo de la generación verde la adaptación de la demanda a los picos y mínimos de las fluctuaciones de generación de estas tecnologías.

Este sector es una oportunidad sobre el ahorro de eficiencia energética contribuyendo con mejores prácticas como el cambio de bombillas incandescentes a bombillas tipo LED, cambio de electrodomésticos con clasificación energética deficiente por unos más modernos y con una eficiencia energética mayor, apoyados por incentivos gubernamentales, ahorro de los equipos de oficina con la desconexión de monitores, luces y servicios de aire acondicionado en horas donde el personal se haya retirado de los lugares de trabajo, mejoras en la edificación para evitar fugas, son algunas de las opciones que en conjunto con la población y el gobierno es posible realizar, además, este sector es uno de los más importantes con la adopción de nuevas formas de incentivar tecnologías renovables, como es el caso de los vehículos eléctricos, donde edificios del estado, centros comerciales, hoteles y restaurantes son edificaciones donde esta tecnología podría llegar de primera mano. A continuación en la Tabla 1.3-2 se muestran los principales usos del sector comercial, su participación en el consumo de energía, su posible potencial de ahorro y como impactaría este ahorro en la potencia total nacional. Así, el sector de la iluminación tiene el porcentaje de participación en el consumo energético del sector terciario más alto con un 31%, si todos los sub-sectores del sector comercio contribuyeran en el mejoramiento de las instalaciones como el cambio de bombillas por las de tipo LED, el potencial de ahorro en este subsector sería del 8,9%, lo que impactaría de forma directa en la potencia total nacional del país en una reducción del 2,8%, la cual se podría utilizar en otro tipo de usos, sin embargo, otros factores que permiten la mejora en la eficiencia energética son las mejoras arquitectónicas y el uso de fuentes de energía no convencional de tipo renovable (MME, 2017).

**Tabla 1.3-2:** Potencial de eficiencia energética en Electricidad en Sector Terciario, adaptación de MME (2017)

Uso	% de participación	Potencial de ahorro	Potencial total nacional
Calor directo	7,70%		
Calor indirecto	0,90%		
iluminación	31%	8,90%	2,80%
Refrigeración	13,90%	18,60%	2,60%
Acondicionamiento de espacios	22,80%	34,50%	7,90%
Fuerza motriz	12,40%	12,40%	1,50%
Equipos de oficina	8,80%		
Servicios generales	1,40%		
Otros usos	1,00%		

Sin embargo, en Colombia la parte legislativa y regulatoria aun presenta vacíos legales y técnicos que no favorecen el desarrollo de las energías renovables, por lo cual estas tecnologías aún tienen dificultades de lograr precios competitivos frente a las alternativas convencionales imperantes, además fue solo a partir de 2010 que la economía colombiana mostró signos de avanzar hacia una economía baja en carbono, mientras que Chile, México y Argentina establecieron que las fuentes de energía renovables no convencionales distintas de la hidroelectricidad cubrirían el 10% del suministro de energía, Colombia no tenía leyes que establecieran objetivos obligatorios (Perez, 2011).

## 1.4 Conclusiones del capítulo

El sector comercial por su magnitud es una clara oportunidad para mejorar la eficiencia energética y contribuir a los aspectos medioambientales como el calentamiento global y la disminución de los GEI, es por lo que se presenta una ventana de posibilidades para una transición energética de generación renovable que permita la creación de redes de microgeneración.

---

Debido los compromisos adquiridos en el Plan de acción indicativo de Eficiencia Energética, Colombia se encuentra en un estado de aprendizaje de tecnologías, implementación, impactos, cambio en la forma operativa y la diversificación de la matriz energética con las energías renovables que representan un reto para un país que ha dependido en su mayoría de generación a base de agua, carbón y gas. Es por esto que la solución para una menor dependencia de los combustibles tradicionales radica en la integración de tecnologías renovables que permitan suplir las necesidades energéticas de los diferentes sectores económicos, además de disminuir el consumo y con ello minimizar las tarifas energéticas.

A nivel internacional se ha avanzado en la implementación e integración de tecnologías limpias en el sector terciario debido a su importancia en los sistemas económicos locales, adicional la evolución tecnológica de algunas de las energías renovables muestran un potencial significativo que a futuro se representan en una mayor reducción de costos y con esto una alternativa en la implementación en redes de distribución local. Por lo tanto, es necesario medidas de educación que permitan la penetración de estas tecnologías de la mejor manera como campañas de aceptación pública, capacitaciones sociales, muestras culturales, ferias que permitan el contacto y educación de la población en general.



## Capítulo 2. Marco Teórico

En este capítulo se presentan los conceptos más importantes para comprender el desarrollo posterior de este trabajo, a través de la definición técnica utilizada por referentes internacionales con relación a los tipos de energía renovable y eficiencia energética y los conceptos nacionales que se utilizan para definir el sector comercial en Colombia según las fuentes de información administrativa más relevantes en el país. Estos conceptos se desarrollan para dar contextualización del problema que se aborda en este trabajo de profundización.

El sector comercio en Colombia se define como la reventa (venta sin transformación) de mercancías o productos nuevos o usados, ya sea que esta se realice al por menor o al por mayor. Incluye las actividades de los corredores, agentes, subastadores y comisionistas dedicados a la compra y venta de mercancías a nombre y por cuenta de terceros (Felipe & Lombo, 2017). La empresa comercial es por ende el pilar de este sector económico y como tal son los encargados de llevar registros independientes sobre compras y ventas de mercancías, costos y gastos, remuneraciones, personal ocupado, inversiones en activos fijos y demás recursos físicos que se utilizan en el proceso de comercialización y en las actividades auxiliares o complementarias a ésta, entendiéndose como actividades auxiliares las que proveen servicios a la empresa y que se toman como parte de sus labores y recursos (DANE, 2015). Es por lo descrito en el capítulo 1, un sector económicamente estable, con proyecciones de crecimiento exponencial, con índice de ocupación laboral mayor a los demás sectores económicos, que lo destaca en el panorama económico colombiano. Sin embargo, en materia de eficiencia energética que representa la oportunidad de ofrecer más servicios para el mismo insumo energético o la misma cantidad de servicios para un menor consumo de energía (Sawin, Seyboth, & Sverrisson, 2016), aún existen oportunidades de mejora a través de la implementación de tecnologías renovables que según Texas Renewable Energy Industries Alliance -TREIA (2016) se definen como cualquier fuente de energía que se regenera de forma natural a través de

una escala de tiempo corta y deriva directamente del sol (por ejemplo, térmica, fotoquímica, y fotoeléctrico), indirectamente del sol (tales como el viento, la energía hidroeléctrica, y la energía fotosintética almacenado en la biomasa), o de otros movimientos y mecanismos naturales del entorno (como geotérmica y energía de las mareas). La energía renovable no incluye recursos de energía derivada de combustibles fósiles, los productos de desecho procedentes de fuentes fósiles, o productos de desecho procedentes de fuentes inorgánicas. A continuación, se exponen con mayor profundidad algunas de las tecnologías renovables y su implementación actual en Colombia.

## 2.1 Energías Renovables

La energía renovable es la oportunidad de una generación limpia, de calidad y eficiente que puede satisfacer las necesidades energéticas permitiendo a los usuarios tener la oportunidad de ser autónomos en el consumo y en el suministro otorgado por la red, que, a pesar de los múltiples beneficios, están constantemente amenazados por fenómenos naturales. Es así como nace la oportunidad de aprovechar los recursos naturales, uno de los más utilizados en el mundo son los recursos de biomasa que incluyen residuos agrícolas; estiércol animal; residuos de madera procedentes de la silvicultura y la industria; residuos de las industrias de alimentos y papel; residuos municipales verdes; lodos de depuradora; cultivos azucareros (caña de azúcar, remolacha, sorgo), cultivos de almidón (maíz, trigo) y cultivos oleaginosos (cultivos de trigo de corta rotación (de 3-15 años) Soja, girasol, colza, iatrofía, aceite de palma). Los residuos orgánicos y los residuos han sido las principales fuentes de biomasa hasta la fecha, pero los cultivos energéticos están ganando importancia y cuota de mercado (IEA, 2007). La producción de bioenergía continuó creciendo durante el 2015, ayudando a satisfacer la creciente demanda de energía en algunos países y contribuyendo a alcanzar objetivos ambientales. Sin embargo, el sector se enfrentó a diversos retos, en particular, a los bajos precios del petróleo y a la incertidumbre política presente en algunos mercados (REN21, 2016). El uso de la bioenergía ha tenido un crecimiento acelerado, particularmente notable en la producción de China, Japón, Alemania y Reino Unido. Las regiones y los países desarrollados, incluyendo Australia, Europa, Japón y América del Norte, han experimentado un crecimiento significativo con respecto a la cantidad de consumidores residenciales e industriales que producen su propia electricidad (REN21, 2016). No sólo la materia

orgánica producto de los cultivos es usada como fuente de generación renovable, la energía eólica, como la mayoría de las tecnologías renovables, depende en gran medida del clima y la geografía; la salida de la electricidad fluctúa con la velocidad cambiante del viento (IEA, 2014a).

Existen otro tipo de fuentes de generación renovable que a pesar de que se encuentran en fase de exploración y estudio tienen un gran potencial para el futuro, como son la generación geotérmica y la oceánica. La tecnología geotérmica tienen un papel importante que desempeñar en la realización de objetivos en materia de seguridad energética, desarrollo económico y mitigación del cambio climático (Beerepoot, 2011). La energía geotérmica se almacena en roca y en vapor o líquidos atrapados, como agua o salmueras; estos recursos geotérmicos pueden usarse para generar electricidad y para proporcionar calor y enfriamiento (Beerepoot, 2011), los cuales están acorde con los usos potenciales en el sector terciario, y lo que llevaría a acoger una parte importante del mercado energético en este sector. Los bajos costos de los combustibles fósiles, junto con el alto riesgo de desarrollar un proyecto, generan condiciones desfavorables para la energía geotérmica. Turquía lideró el mercado, destacando en cerca de la mitad de las nuevas adiciones de capacidad a nivel mundial (REN21, 2016). Si bien Colombia no es uno de los países con mayor potencial para el aprovechamiento del recurso geotérmico, sí cuenta con zonas específicas como lo son la zona volcánica del Nevado del Ruiz y la región de influencia de los volcanes Chiles, Cerro Negro y Azufral en la frontera con Ecuador, zonas en las que el recurso puede ser aprovechado para la generación de decenas de MW a muy bajos costos de producción y operación. Sin embargo, el principal reto para el desarrollo de este tipo de proyectos yace en el riesgo y costos asociados a las etapas de exploración, y en la necesidad de establecer un marco regulatorio adecuado para la administración de este recurso que hasta el momento no ha sido explotado en Colombia (UPME & BID, 2015).

Durante el año 2015 se presentó una mezcla de vientos a favor y en contra para la industria de la energía oceánica. Varias empresas continuaron teniendo éxito con sus tecnologías de energía oceánica al desplegar dispositivos nuevos o mejorados, sobre todo en aguas europeas. Sin embargo, al menos una empresa se fue a la quiebra, y la industria en su conjunto enfrentó un panorama financiero restringido que iba más allá del financiamiento público.

---

Las tecnologías con mayor participación en el mercado mundial son las relacionadas a la radiación directa tomada del sol, como es el caso de la energía solar fotovoltaica las cuales son dispositivos semiconductores que generan electricidad de corriente continua. A diferencia de las plantas de energía convencionales que utilizan carbón, nuclear, petróleo y gas; la energía solar fotovoltaica no tiene costos de combustible y los costos de operación y mantenimiento son relativamente bajos. Por lo tanto, la fotovoltaica puede ofrecer una cobertura de precios frente a los volátiles precios de los combustibles fósiles (Sangster, 2014). Se espera que a largo plazo los costos continúen disminuyendo tanto en los componentes como la instalación, infraestructura, conexión a la red, cableado, documentación y transformación se tenga una experiencia y con ello un aprendizaje para optimizar los costos y reducirlos significativamente, así mismo con los inversores y módulos que conforman el panel solar. Además, se espera que en el futuro la energía producida a partir de plantas fotovoltaicas a gran escala sea más barata que la potencia producida a partir de cualquier tecnología convencional en grandes partes de Europa (Agora, 2015).

Por otro lado, se encuentran las plantas solares térmicas, las cuales son plantas de concentración de energía solar -CSP que concentran los rayos solares para calentar un fluido, que dirige directa o indirectamente una turbina y un generador de electricidad. Las tres tecnologías que predominan son los canales parabólicos (PT), reflectores lineales de Fresnel (LFR) y torres, también conocidos como sistemas receptores centrales (CRS). Un cuarto tipo de planta de CSP es un plato parabólico, generalmente apoyando un motor en su foco. Estas tecnologías difieren en cuanto al diseño óptico, la forma del receptor, la naturaleza del fluido de transferencia y la capacidad de almacenar el calor antes de que se convierta en electricidad (IEA, 2014b).

Todas las plantas CSP tienen cierta capacidad para almacenar energía térmica por períodos cortos de tiempo y por lo tanto tienen una capacidad de "buffering" que les permite suavizar considerablemente la producción de electricidad y eliminar las variaciones a corto plazo que otras tecnologías solares exhiben durante los días nublados (IEA, 2014b). En Colombia, desde hace varias décadas se cuenta con cierto despliegue de colectores solares para el calentamiento de agua en viviendas, hoteles y hospitales. Sin embargo, los costos asociados a la compra e instalación de estos sistemas, sumado al hecho de que siempre requieren de un sistema de almacenamiento y un sistema de respaldo, hacen que

los costos de alternativas como el gas natural sigan en la mayoría de los casos resultando ser la solución más económica para el aprovisionamiento de agua caliente. No obstante, en casos como el de instalaciones que utilizan GLP a costos mayores que el gas natural domiciliario utilizado en las principales ciudades de Colombia, este tipo de sistemas puede representar ahorros que hacen atractiva su implementación, lo mismo que en algunas ciudades y zonas que se caracterizan por contar con muy buenos niveles de irradiación solar como puede ser el caso de la Costa Caribe (UPME & BID, 2015).

En Colombia la implementación de tecnologías renovables es un tema que está avanzado de forma gradual, sin embargo, aún no hay un marco normativo y regulatorio que permita tener total claridad frente a aspectos de tipo técnico y que permitan comprender el futuro de una diversificación energética, es claro que aún falta mucho recorrido para poder ser un país líder en generación 100% renovable. Aún quedan muchos temas por investigar y explorar en materia de generación renovable, ya que es importante no solo aprender de los casos exitosos en el mundo, sino saber contextualizarlos a la realidad colombiana y adaptarlos a nuestras necesidades locales.

## **2.2 Conclusiones del capítulo**

Las tecnologías renovables tienen una amplia gama de aplicaciones que se adaptan a las necesidades más comunes como refrigeración, calentamiento, cocción, entre otras, las cuales hacen posible una transición tecnológica para la penetración de este tipo de generación limpia, atendiendo algunas de las necesidades energéticas del sector comercial. En Colombia se tienen pequeñas plantas de generación eólica, solar y biomasa, que han contribuido a diversificar un poco la matriz energética actual, además del estudio de posibles potencialidades con la energía geotérmica debido a la geografía y topografía colombiana, es posible que con mayor investigación se permita la integración de este tipo de tecnologías en el país, así como en la de los océanos, la cual representaría un avance importante en la solución de una transición energética de cero combustibles.



## Capítulo 3. Revisión de literatura

En el presente capítulo se muestran los tipos de tecnologías renovables utilizados por diferentes países y su uso en los diferentes sectores socioeconómicos, esto a través de recopilación de información de instituciones gubernamentales, proyectos de origen extranjero y agencias líderes en energía renovable que darán soporte sólido y argumentativo para el estudio de este trabajo.

Actualmente en países como Argentina, Belice, Chile, Colombia, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú y Uruguay han tenido una matriz energética predominante en recursos hidroeléctricos, lo que si bien ha permitido desarrollar su infraestructura energética alrededor de este recurso, en las últimas décadas fenómenos naturales como extensas sequias han disminuido el uso de este tipo de energía aumentando consecuentemente la dependencia de combustibles fósiles (IRENA - International Renewable Energy Agency, 2015). Es por esto por lo que se hizo evidente fomentar fuentes de energía renovable, no solo por su calidad y fiabilidad, sino porque además están acorde a los objetivos medioambientales y a la disminución de GEI en la superficie terrestre a nivel mundial. El establecimiento de objetivos en cada país para la penetración paulatina de energías renovables ofrece una clara indicación del nivel de desarrollo de estas tecnologías en donde se han identificado metas claras en 19 países de América Latina, todos ellos relacionados con la integración gradual de diferentes fuentes energéticas no convencionales como geotérmica, eólica y solar (IRENA - International Renewable Energy Agency, 2015).

Para lograr la consolidación de las estrategias en la diversificación energética de los países se hace necesario una evaluación de los consumos energéticos y como estos se encuentran distribuidos en las diferentes actividades económicas, sin embargo, los informes encontrados que detallan las características y propiedades de cada actividad en América Latina se realizaron a través de tres mecanismos principalmente: el primero de

ellos es a través de empresas de origen extranjero con interés en el desarrollo de fuentes no convencionales, donde se estudia las características del mercado latino, las actividades económicas con potencial y finalmente el financiamiento de proyectos de fuentes renovables. El segundo mecanismo es a través de encuestas realizadas por los propios países para determinar su potencial en materia energética, alternativas de fuentes de generación, posibles tecnologías a implementar, caracterización de las actividades económicas y su consumo. En el caso de Colombia se realizaron dos encuestas, una por parte del MME (2006) y otra a cargo de la UPME (2013) (sobre esta última no se encuentran documentos detallados, sólo informes que referencian este estudio en la caracterización del consumo en los sectores económicos) y sobre los cuales los planes de mejora y eficiencia energética para la integración de las tecnologías renovables toman como punto de partida para el desarrollo de políticas en la actualidad. Si bien esto da una idea de cómo es la actividad económica en cada país, no presenta en realidad los sectores más competitivos y con mayor potencial en el campo de las fuentes renovables. En tercer lugar, se encuentran los informes realizados por cada país, donde se encuentran estadísticas, datos de relevancia, metas y desafíos hacia el futuro y posibles soluciones. A continuación, se presenta una tabla con la descripción de los tipos de tecnología implementados en cada uno de ellos y el sector económico al que se han destinado estos proyectos.

Tabla 2.2-1: Tecnologías renovables implementadas en sectores económicos a nivel mundial, Elaboración propia con base en Renewable & Agency (2015), International Energy Agency (2015), López (2015), Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile (2017) Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile (2017), YU et al. (2014), Danish Energy Agency (2014), IDAE (2017), EIA (2017), Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala (2016), Dirección nacional de energía y tecnología nuclear (2008), Consejo nacional de energía -CNE- (2009)

Sectores	Tecnologías				
	Biomasa	Eólica	Fotovoltaica	Geotérmica	Hidroeléctrica
Residencial	Alemania (Renewable & Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008)	Alemania, (Renewable & Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008)	Alemania, (Renewable & Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008)	China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a)	Alemania, (Renewable & Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008)
Comercial	Alemania, (Renewable & Agency, 2015) Belice, (International Energy Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014)	Alemania, (Renewable & Agency, 2015) Belice, (International Energy Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), Chile, (Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile, 2017)	Alemania, (Renewable & Agency, 2015) Belice, (International Energy Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), Chile, (Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile, 2017)	Belice, (International Energy Agency, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017)	Alemania, (Renewable & Agency, 2015) Belice, (International Energy Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), Chile, (Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile, 2017), China, (YU et al., 2014)

Tabla 2.2-2: (Continuación)

Sectores	Biomasa	Eólica	Tecnologías		
			Fotovoltaica	Geotérmica	Hidroeléctrica
Comercial	<p>España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Guatemala, (Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala, 2016) Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)</p>	<p>China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Guatemala, (Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala, 2016), Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)</p>	<p>China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Guatemala, (Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala, 2016), Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)</p>	<p>Belice, (International Energy Agency, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Guatemala, (Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala, 2016), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)</p>	<p>Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), Guatemala, (Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala, 2016), Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)</p>
Industrial	<p>Alemania, (Renewable &amp; Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a)</p>	<p>Alemania, (Renewable &amp; Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a)</p>	<p>Alemania, (Renewable &amp; Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a)</p>	<p>China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)</p>	<p>Alemania, (Renewable &amp; Agency, 2015), Brasil, (López, 2015), China, (YU et al., 2014), Dinamarca, (Danish Energy Agency, 2014), España, (IDAE, 2017), Estados Unidos, (EIA, 2017a)</p>

Tabla 2.2-3: (Continuación)

Sectores	Tecnologías				
	Biomasa	Eólica	Fotovoltaica	Geotérmica	Hidroeléctrica
Industrial	Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)	Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)	Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)		Uruguay, (Dirección nacional de energía y tecnología nuclear, 2008), El Salvador, (Consejo nacional de energía -CNE-, 2009)

Según la Tabla 2.2-1 el sector comercial es el sector con mayor número de estudios a nivel mundial y donde se están implementando soluciones energéticas a partir de diferentes fuentes de generación renovable, adicional es el único sector en que cada país ha implementado aplicaciones para el autoconsumo, lo que demuestra no solo la importancia de este sector a nivel mundial, sino la necesidad por sustituir ciertos consumos energéticos por tecnologías renovables disminuyendo la dependencia de la red. Países como Belice, Chile y Guatemala sólo tienen aplicaciones en el sector terciario, esto es debido a que las características del sector comercial en su mayoría coinciden ya sea con las horas de luz que pueden proporcionar los paneles FV, o bien con los periodos de mayor viento o porque una parte importante de su producción se basa en la agricultura que permite generar electricidad a través de los desechos orgánicos. Por otro lado, en algunos países de Centro América como en El Salvador en el último informe de la Oficina Económica y Comercial de España (2016) se tienen datos de implementación de tecnologías renovables recientes lo que refleja el aumento en el fomento tanto político como regulatorio por incentivar estos proyectos en el sector comercial, y aún más en países donde predomina el uso de combustibles fósiles para la generación de energía térmica, sin embargo, debido a las inversiones extranjeras realizadas a partir del año 2005, han permitido el desarrollo de fuentes de energía renovable como la geotérmica impactando de forma directa y creciente en el sector industrial y comercial donde el gobierno cuenta entre sus prioridades, con especial atención a las energías renovables, la electrificación rural, la construcción y mejora de caminos rurales, así como el mejoramiento de las infraestructuras viales del país, además de mejorar el turismo en la zona fomentando planes de inversión sostenible

con alianzas estratégicas con diferentes empresas del sector. Otros países como Uruguay por el contrario aún cuentan con datos de implementación de tecnologías renovables poco actualizados lo que refleja el poco fomento tanto político como regulatorio por incentivar estos proyectos en el sector comercial potencializando actividades económicas que dependan del turismo como hoteles, restaurantes y centros comerciales.

La Tabla 2.2-2 muestra como el uso de las tecnologías renovables es liderado por algunos países con una dependencia tradicionalmente a combustibles fósiles como Alemania, Brasil, China, Dinamarca y Estados Unidos, los cuales a partir de tecnologías como la fotovoltaica, eólica, biomasa y la geotérmica satisfacen las necesidades de consumo energético en este sector, lo que adicional se confirma con los documentos de instituciones oficiales con una antigüedad máxima de dos años, lo que manifiesta el interés por el fomento de fuentes de generación renovable en el sector comercial para el autoconsumo. Así en China está concentrando sus esfuerzos en mejorar la eficiencia energética y reemplazo de formas antiguas de cogeneración utilizadas aun en el país, reduciendo la contaminación y GEI en el sector residencial, comercial e industrial a través de gas natural, biomasa y fuentes energéticas renovables (IRENA, 2014). Otra potencia en el campo de generación eléctrica renovable es Estados Unidos que según cifras de la U.S Energy Information Administration (2016) alrededor del 40% del consumo total de energía es usado por los sectores residencial y comercial. Por ello, entre los planes de mejoramiento sectorial del país se encuentran el aumento de la eficiencia de los servicios de calefacción, refrigeración y suministro de agua a través del uso de tecnologías renovables con generación distribuida y tecnologías combinadas de calor y electricidad (EIA, 2017a). Finalmente, uno de los mayores exponentes de la tecnología renovable a lo largo de la historia es Dinamarca, que actualmente su sistema eléctrico se caracteriza por las plantas combinadas de calor y electricidad y una alta proporción de energía eólica. Principalmente la electricidad y la calefacción urbana son las fuentes de energía predominantes en el sector comercial y de servicios públicos, por lo que, a principios de 2012, el gobierno danés presentó su Estrategia Energética 2050, que describe cómo Dinamarca debería llegar a ser independiente del carbón, el petróleo y el gas en ese periodo de tiempo y reducir significativamente las emisiones GEI (Administración de Comercio Internacional del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, 2017). La estrategia incluye una fuerte expansión de las energías renovables procedentes del viento, la biomasa y el biogás; si se

adopta, elevará la proporción de energías renovables a un tercio del consumo total de energía durante los próximos diez años (Danish Energy Agency, 2014).

La situación es semejante para Colombia que cuenta con gran potencial en el sector terciario y pueden ser fomentadas aún más con la adopción de energías renovables en este sector. Para que esta transición sea posible y Colombia pueda llegar a ser un país competitivo y líder en temas renovables es necesario planes de inversión, incentivos y estabilidad en el futuro de la adopción de este tipo de generación, así como en temas de eficiencia energética y desarrollo sostenible. Por tal motivo es necesario realizar preguntas investigativas relacionadas con la penetración de fuentes de generación renovable en el sector terciario que se darán respuesta a lo largo de este documento.

¿Qué tipo de tecnologías a nivel mundial se utilizan para satisfacer las necesidades del sector comercial?

¿Cuáles son las necesidades de consumo energético en el sector comercial colombiano?

¿Qué tipo de tecnologías renovables se acoplan más a las necesidades energéticas del sector comercial colombiano?

### **3.1 Objetivo general**

Recomendar tecnologías de energía renovable que se ajusten a las necesidades del sector comercial en Colombia.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar las necesidades energéticas del sector comercial colombiano.
- Caracterizar las tecnologías de energía renovable aplicables al sector comercial.
- Identificar prácticas exitosas en la implementación de tecnologías de energía renovable en el sector comercial a nivel internacional.

### **3.3 Conclusiones del capítulo**

Las diferentes tecnologías de generación renovable están encaminadas a subsanar las necesidades energéticas de los diferentes sectores económicos, sin embargo, el sector comercial es uno con el mayor potencial debido a sus características y a las múltiples

aplicaciones para la implementación de estas tecnologías que albergan una amplia gama de soluciones fotovoltaicas, eólica, de biomasa e incluso geotérmicas, esto permitiendo disminuir la dependencia de la red y sustituirlas con la producción de estas fuentes, fortaleciendo el sector servicios brindando grandes ventajas competitivas y económicas al país. Por otro lado los países líderes en el contexto renovable presentan una amplia gama de soluciones eficientes encaminadas a disminuir los consumos mayores del sector terciario como la calefacción, acondicionamiento de espacios y eficiencia energética en el diseño de las edificaciones, especialmente de las administraciones públicas como edificios ejemplarizantes para la sociedad, esto es razonable debido a que se tienen políticas ambientales, fiscales y económicas que permiten a todos los sectores económicos acceder a las tecnologías y contribuir a la eficiencia energética a través de planes de cambios de tecnologías antiguas por modernas amortizando los costos gracias a los beneficios ofrecidos por las diferentes regulaciones. Si bien la dependencia de los combustibles fósiles aún continúa siendo de gran magnitud, los avances tecnológicos están permitiendo nuevas formas de electrificación amigable con el medio ambiente y más consciente de la realidad climática actual.

## **Capítulo 4. Metodología**

En este capítulo se realiza una revisión de la literatura sobre el uso de las principales tecnologías renovables en energía del sector comercial para la autogeneración, identificando las principales tendencias, avances y desarrollos en la solución de implementación de tecnologías limpias en el sector terciario; se recopilan los diversos usos según las actividades comerciales y se identifican sus potencialidades en este sector económico. Adicional se realiza una recomendación con base en los usos más frecuentes del sector que tipo de tecnología es la más recomendable para cada necesidad energética

### **4.1 Revisión del uso y tecnología para la microgeneración renovable en energía del sector comercial**

Se realiza una revisión de la literatura para conocer en materia internacional los diferentes usos de las tecnologías limpias en el sector terciario y como pueden contribuir en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia, impulsando energías renovables como alternativas eficientes, económicas y sostenibles. La Tabla 4.1-1 reúne los principales usos y tecnologías empleadas en diferentes países del mundo, donde es posible identificar estrategias y adoptar diferentes planes, incentivos y políticas socioculturales para una adecuada penetración de las energías renovables no convencionales en Colombia en el sector comercial.

El consumo de energía del edificio comercial varía según el tipo de edificio y sus funciones principales, por lo que el sector de la construcción comercial se divide en los principales tipos de edificios de venta al por menor, oficina, escuela, hospital, hotel y otros edificios (Khanna et al., 2016). En los trabajos realizados por Rezaie et al. (2011), Egger, Chistiane, Dell (2015), Ghafoor et al. (2016) y Liew et al. (2017) concluyen que la opción de energía solar térmica para esterilización, extracción, pasteurización, secado, refrigeración solar y aire acondicionado, calefacción, destilación y evaporación, lavado y limpieza, y polimerización es la más rentable en comparación con las demás tecnologías disponibles actualmente en el mercado, debido al alto consumo energético de estos servicios en el sector comercial, especialmente en los edificios turísticos como los hoteles y los centros deportivos, restaurantes, edificios administrativos, centros comerciales, entre otros.

Así mismo en el estudio realizado por Solar Energy Industries Association (2013) y Unternährer, Moret, Joost, & Maréchal (2017) sostienen que la energía solar FV es tecnológicamente la más adecuada para satisfacer la demanda de electricidad, donde los tipos de edificios que particularmente utilizan tecnología renovable incluyen instalaciones militares, instalaciones municipales, hoteles, hogares de ancianos y estudiantes, hospitales, centros deportivos, entre otros, siendo la contribución de la energía solar más del 60% mejorando la eficiencia de los establecimientos y favoreciendo de manera importante en la iluminación del sector comercial. En Estados Unidos hay 4.8 millones de edificios comerciales que consumen \$107.9 mil millones de energía anualmente y aproximadamente el 47% está relacionado con la necesidad de calefacción o aire acondicionado. En el trabajo Jacobson et al. (2016) sostiene que la adopción de diferentes tipos de tecnologías está restringidos a las condiciones geográficas particulares de cada región, así, en zonas como Washington, el escenario para el desarrollo de energía eólica es favorecedor, adicional de que esta tecnología en la actualidad es menos costosa que la solar, por tanto, se potencializa su desarrollo y uso en esta zona.

La biomasa sigue siendo el principal combustible cuando se considera un panorama global que cubre la mayor parte de las necesidades energéticas de los países en vía de desarrollo y se utiliza con muy poca eficiencia. El uso directo del carbón está desapareciendo de este sector, en gran parte reemplazado por electricidad y gas natural en las regiones más desarrolladas (Ürge-Vorsatz, Cabeza, Serrano, Barreneche, & Petrichenko, 2015). En las publicaciones de Raj, Iniyan, & Goic (2011) y Egger, Chistiane, Dell (2015) concluyen que

las nuevas tecnologías de gasificación de biomasa están siendo desarrolladas para el aumento del potencial de cogeneración de energía eléctrica, reduciendo los costos en comparación con la tecnología de turbina convencional presentando un gran potencial de cogeneración de energía eléctrica en los sistemas de calefacción y refrigeración urbana. El trabajo de Rezaie et al. (2011) sustenta que la generación geotérmica proporciona energía de forma continua estando con una alta disponibilidad y supliendo las necesidades comerciales más urgentes como calefacción y aire acondicionado. Además, el espacio necesario para instalar las unidades geotérmicas no cambia el exterior de los edificios comerciales, adicional el mantenimiento de estas instalaciones es práctico, sencillo y ocasional.

**Tabla 4.1-1:** Usos y tecnologías principales utilizadas para la microgeneración en el sector comercial, Elaboración propia con base en Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011), Australian Renewable Energy Agency (2014), Khanna et al. (2016), Stötzer et al. (2015a), Jacobson et al. (2016), Ürge-Vorsatz et al. (2015), Farjana et al. (2017), Ghafoor et al. (2016), Voulis et al. (2017), Subramanyam et al. (2017), Liew et al. (2017), Raj et al. (2011), Mohammed et al. (2014), Stötzer et al. (2015), Lin et al. (2016), Bahria et al. (2016), Unternährer et al. (2017), Egger, Chistiane, Dell (2015), Solar Energy Industries Association (2013)

Usos	Tecnologías				
	Biomasa	Eólica	Fotovoltaica	Geotérmica	Solar térmica
Calefacción	China, Khanna et al. (2016), Austria, Egger, Chistiane, Dell (2015), No específica, Liew et al. (2017), No específica, Raj et al. (2011),	Alemania, Stötzer et al. (2015), Estados Unidos, Jacobson et al. (2016), Países Bajos, Voulis et al. (2017), No específica, Liew et al. (2017)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011), Estados Unidos, Jacobson et al. (2016), China, Khanna et al. (2016), Taiwán, Lin et al. (2016a), Australia, Australian Renewable Energy Agency (2014), Alemania, Stötzer et al. (2015)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011), Estados Unidos, Jacobson et al. (2016), No específica, Liew et al. (2017), No específica, Unternährer et al. (2017)	Estados Unidos, (Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer, 2011), Estados Unidos (Jacobson et al., 2016), China (Khanna et al. 2016), Taiwán (Lin et al., 2016a), No específica (Unternährer et al., 2017), Canadá, (Subramanyam et al. 2017)

Tabla 4.1-2: (Continuación)

Usos	Tecnologías				
	Biomasa	Eólica	Fotovoltaica	Geotérmica	Solar térmica
Calefacción			Países Bajos, Voulis et al. (2017), Estados Unidos, Solar Energy Industries Association (2013)		No específica, (Liew et al., 2017), Alemania, (Stötzer et al., 2015), Argelia, Bahria et al. (2016), Austria, Egger, Chistiane, Dell (2015)
Cocción	No específica, Ürge-Vorsatz et al. (2015), No específica, Mohammed et al. (2014)	Estados Unidos, Jacobson et al. (2016), No específica, Liew et al. (2017),	Estados Unidos, Jacobson et al. (2016), No específica, Mohammed et al. (2014)	Estados Unidos, Jacobson et al. (2016), No específica, Liew et al. (2017),	Estados Unidos, Jacobson et al. (2016), No específica, Ürge-Vorsatz et al. (2015), No específica, Liew et al. (2017), No específica, Mohammed et al. (2014)
Aire acondicionado	China, Khanna et al. (2016), Pakistán, Ghafoor et al. (2016), No específica, Ürge-Vorsatz et al. (2015), No específica, Raj et al. (2011),	Alemania, Stötzer et al. (2015), Países Bajos, Voulis et al. (2017)	Australia, Australian Renewable Energy Agency (2014), China, Khanna et al. (2016), Alemania, Stötzer et al. (2015), Pakistán, Ghafoor et al. (2016), Países Bajos, Voulis et al. (2017)		China, Khanna et al. (2016), No específica, Ürge-Vorsatz et al. (2015), Pakistán, Ghafoor et al. (2016), Canadá, Subramanyam et al. (2017), Alemania, Stötzer et al. (2015),
Calentamiento de agua	China, Khanna et al. (2016), No específica, Ürge-Vorsatz et al. (2015)	Estados Unidos, Jacobson et al. (2016)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011)

Tabla 4.1-3: (Continuación)

Usos	Tecnologías				
	Biomasa	Eólica	Fotovoltaica	Geotérmica	Solar térmica
Calentamiento de agua	Austria, Egger, Chistiane, Dell (2015)		China, Khanna et al. (2016), Taiwán, Lin et al. (2016a), Estados Unidos Jacobson et al. (2016), No específica, Mohammed et al. (2014), Estados Unidos, Solar Energy Industries Association (2013)	Estados Unidos Jacobson et al. (2016)	Estados Unidos Jacobson et al. (2016), China, Khanna et al. (2016), Taiwán, Lin et al. (2016a), Canadá, Subramanyam et al. (2017), Austria, Egger, Chistiane, Dell (2015), No específica, Üрге-Vorsatz et al. (2015), No específica, Farjana et al. (2017), No específica, Mohammed et al. (2014)
Refrigeración	China, Khanna et al. (2016), Austria, Egger, Chistiane, Dell (2015)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011), Alemania, Stötzer et al. (2015)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011), Estados Unidos Jacobson et al. (2016), Estados Unidos, Solar Energy Industries Association (2013), Austria, Egger, Chistiane, Dell (2015), China, Khanna et al. (2016), Alemania, Stötzer et al. (2015)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011), Estados Unidos Jacobson et al. (2016)	Estados Unidos, Rezaie, Esmailzadeh, & Dincer (2011), Estados Unidos Jacobson et al. (2016), China, Khanna et al. (2016), Canadá, Subramanyam et al. (2017), No específica, Mohammed et al. (2014), Alemania, Stötzer et al. (2015), Austria, Egger, Chistiane, Dell (2015)

**Tabla 4.1-4:** (Continuación)

Usos	Tecnologías				
	Biomasa	Eólica	Fotovoltaica	Geotérmica	Solar térmica
Refrigeración			No específica, Mohammed et al. (2014)		Argelia, Bahria et al. (2016)
Lavado	Pakistán, Ghafoor et al. (2016),	Alemania, Stötzer et al. (2015)	Alemania, Stötzer et al. (2015), Pakistán, Ghafoor et al. (2016)		Alemania, Stötzer et al. (2015), Pakistán, Ghafoor et al. (2016), No específica, Farjana et al. (2017)
Iluminación	China, Khanna et al. (2016), Pakistán, Ghafoor et al. (2016), No específica, Üрге-Vorsatz et al. (2015)		Australia, Australian Renewable Energy Agency (2014), China, Khanna et al. (2016), Pakistán, Ghafoor et al. (2016)		China, Khanna et al. (2016), Pakistán, Ghafoor et al. (2016), Argelia, Bahria et al. (2016), No específica, Üрге-Vorsatz et al. (2015)

En la tabla anterior se muestran los usos más comunes del sector comercial y las tecnologías renovables con posibilidad de satisfacer estas necesidades. Para la calefacción se observa gran cantidad de trabajos en este campo, en especial de la tecnología solar térmica y solar fotovoltaica, esto es debido a que se pueden implementar tanto en techos, como en superficies de gran tamaño, las que son características en este sector con azoteas, terrazas y parqueaderos, adicional, esta tecnología se encuentra en un estado alto de aprendizaje, actualmente sus costos están disminuyendo, lo que hace que esta tecnología tenga mayores estímulos y se investigue más sobre las diferentes aplicaciones y usos que se les puede dar. Adicional la generación con solar térmica a través de compresoras aumenta significativamente la eficiencia, lo que tanto para calefacción como para acondicionamiento de espacio es una tecnología atractiva. Así mismo, la FV, es usada ampliamente en temas de ambientación de espacios frío/calor, además de tener un campo de estudio en otros usos como la cocción, lavado, iluminación y refrigeración. La energía solar es la tecnología que abarca más ampliamente todos los

usos, lo que la hace versátil, confiable y con un campo de investigación maduro, lo que se evidencia claramente en la tabla anterior.

Por otro lado, la energía geotérmica en la actualidad tiene su uso muy limitado a calefacción, calentamiento de agua y refrigeración, lo que indica que aun este campo de estudio se encuentra en investigación para ser más diverso, según los trabajos citados en la Tabla 4.1-1, esto en gran parte es debido a los costos tecnológicos, ya que debe competir con otras fuentes de generación con menores costos y que se encuentran en una madurez tecnológica alta, así, el uso de estos recursos están limitados por la ubicación geográfica de los países y la disposición de gobiernos junto con políticas fiscales, económicas y regulatorias que incentiven la exploración y explotación de este recurso natural, sin embargo, la ausencia de trabajos en campos como aire acondicionado, iluminación y lavado permiten concluir que aun esta tecnología debe pasar por diferentes fases de innovación, madurez y aprendizaje.

La energía eólica para el sector comercial aún se encuentra poco difundida en aplicaciones como iluminación y lavado, prueba de ello son los pocos trabajos que se han hecho hasta el momento, sin embargo, es notable que países como Estados Unidos, Alemania, Dinamarca y China son los más frecuentes en el estudio realizado, lo que indica claramente que estos han fomentado con mayor hincapié el uso de las tecnologías renovables, esto es posible que se deba no solo al compromiso medioambiental sino a la necesidad de diversificar la matriz energética, disminuyendo la dependencia de combustibles fósiles y su agotamiento continuo. No obstante, según toda la información de la literatura presentada en este trabajo, permiten concluir que las necesidades de consumo energéticas mayores a nivel mundial en el sector comercial son aquellas relacionadas con la calefacción, acondicionamiento de espacios y la iluminación. Para estas necesidades ya se tienen tecnologías prometedoras con gran eficiencia y con una inevitable disminución de los precios, lo que indica que estas necesidades pueden ser cubiertas con la implementación de fuentes renovables, en algunos casos, usando aquellas que se encuentran tecnológicamente más maduras y en otros casos, usar aquellas de las que se esperar tener un potencial de generación energética alto.

Finalmente, como conclusión las tecnologías con mayor implementación de acuerdo al uso comercial son: para calefacción, acondicionamiento de espacios, calentamiento de agua, refrigeración e iluminación las tecnologías ampliamente utilizadas para este fin son las relacionadas con la solar tanto fotovoltaica como térmica, por otro la tecnología con mayor uso para la cocción es la solar térmica, sin embargo, las demás tecnologías son

competitivas en este uso, para el lavado tanto la solar térmica como la FV y biomasa son las más competitivas en esta necesidad.

A pesar de las aplicaciones de tecnología renovable en el sector comercial en la actualidad, la cual está impulsado por el desarrollo económico, aún debe enfrentarse a importantes desafíos en Colombia para que su penetración sea exitosa y pueda ser acogida de manera importante. Una de las barreras con mayor importancia en el sector es la parte regulatoria, que, si bien se ha estado trabajando y se han publicado por parte del Ministerio de Minas y Energía la política pública para la adopción de estas tecnologías, aún hay poca información, adicional las barreras técnicas, debido a los pocos profesionales expertos, experiencia en proyectos, investigación y desarrollo que permitan tener un dominio de estas tecnologías y su uso en este sector económico aun es un desafío que el gobierno debe solucionar. Adicional a ello, hay poco estudio de cuál es el impacto que la adopción de esta tecnología puede hacerle a la curva de demanda en el sistema nacional interconectado y como se debe afrontar, como el operador de red se está entrenando y como se pueden implementar los modelos que han tenido éxito en el exterior y adoptarlos al contexto colombiano.

## **4.2 Recomendación de tecnologías renovables para el sector comercial colombiano**

En esta sección se realiza las recomendaciones de las tecnologías renovables con mayor potencial para el sector comercial colombiano con base en las diferentes fuentes bibliográficas utilizadas a lo largo del documento, con el objetivo de satisfacer las necesidades de consumo energético predominantes en este sector como es el aire acondicionado, refrigeración, iluminación y calefacción de agua y espacios. A continuación se presenta en la Tabla 4.2-1 una ponderación de las tecnologías renovables seleccionadas y la posibilidad de desarrollo en el país, esto en función de la disponibilidad del recurso y el desarrollo de cada una de las tecnologías en Colombia. Las referencias utilizadas son a partir de organismos nacionales y publicaciones realizadas a partir del estudio de las aplicaciones de cada una de las fuentes de generación renovable en el país, esto para tener una medida de cuáles son los avances realizados en materia energética, y como se está incentivando el estudio de estas fuentes renovable.

En el estudio Gonzalez-Salazar et al. (2014) sostiene que al igual que en otros países en desarrollo, Colombia tiene un interés evidente en la biomasa ya que es el segundo recurso de energía renovable después de las grandes hidroeléctricas. En 2009, la biomasa contribuyó al 67% de la electricidad generada de manera renovable, al 4.2% del suministro de energía en el sector del transporte y al 3.9% de la energía primaria total suministro, adicional a esto, estudios anteriores indican que casi la mitad del potencial de energía de biomasa disponible en el país permanece sin explotar. Es notable que la situación política del país está en un proceso de cambio con favorecedoras proyecciones del potencial de bioenergía en Colombia, en su trabajo Gonzalez-Salazar, Venturini, Poganietz, Finkenrath, & L.V. Leal (2017) analizan escenarios a un contexto posterior al conflicto que abriría la posibilidad de modernizar la agricultura, mejorar los niveles de vida en las zonas rurales y hacer un buen uso de los vastos recursos naturales desarrollando nuevas formas como el uso de gas de vertedero y biogás para la producción de calor o energía in situ, gasificación de biomasa y combustión en motores alternativos y recolección de metano de plantas de tratamiento de aguas residuales para calefacción.

El potencial del recurso geotérmico en Colombia aún se encuentra en fase de investigación y exploración para determinar su aplicación eventual en diferentes aplicaciones de tipo comercial, prueba de ello se encuentra el estudio realizado por Guzman, Henao, & Vasquez (2014) donde sostienen que los recursos geotérmicos todavía tienen que definirse en el sistema geotérmico Tufiño-Chiles-Cerro Negro en la frontera entre Colombia y Ecuador, los volcanes Azufral, Purace y Galeras, y las áreas de Paipa y San Diego, que son las regiones donde se han realizado estudios de exploración, además de estudios de evaluación de recursos geotérmicos para apoyar el desarrollo de tales proyectos.

En su trabajo Botero B, Isaza C, & Valencia (2010) afirman que para el caso particular de la energía eólica, la ausencia de regulación e incentivos y la abundancia de recursos, como el agua y el carbón, se destacan como las principales barreras para el desarrollo de esta tecnología en Colombia. Se hace necesario una medida de política integral que involucre un alto nivel de penetración de renovables, mecanismos para financiar nuevas inversiones, asignación de recursos, y cambios reglamentarios necesarios. Como resultado a la política integral se obtendrían una mejor calidad de vida para los habitantes de áreas remotas que no tienen electricidad, y diversificar la composición de la combinación energética. Así mismo, Botero B, Isaza C, & Valencia (2010) recomiendan para la adopción de la tecnología eólica la definición de generación distribuida como parte de la cadena de

suministro de electricidad, y la definición de mecanismos de incentivo para el uso de energías renovables que son apropiadas para las características del país.

En su estudio Cardenas, Zapata, Franco, & Dyner (2017) concluyen que la disminución de las emisiones se logra a través de una combinación de políticas regulatorias estables que permitan la adopción de energías renovables, al tiempo que disminuye la demanda y el precio de la electricidad. Además, sostienen que un escenario combinado de política no afecta la seguridad del suministro del sistema, del cual se pueden extraer lecciones sobre los efectos secundarios positivos de estas políticas regulatorias en un país con una base hidroeléctrica importante que sirve como batería para sistemas solares fotovoltaicos. Finalmente Cardenas, Zapata, Franco, & Dyner (2017) afirman que las tendencias muestran que no se ha alcanzado un punto de estabilización; por el contrario, hay espacio para más investigaciones sobre la difusión de tecnologías verdes y libres de emisiones en Colombia y en otros lugares.

Tabla 4.2-1: Probabilidad de implementación de tecnologías renovables en Colombia, elaboración propia con base en Jannuzzi et al. (2010), UPME & BID (2015), Gonzalez-Salazar et al. (2014), Gonzalez-Salazar et al. (2017), MME (2017), Botero B et al. (2010), Cardenas et al. (2017), Contreras & Rodríguez (2016), Vélez et al. (2017), Edsand (2017), Guzman et al. (2014)

	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>Biomasa</b>	(Jannuzzi et al., 2010), (UPME & BID, 2015), (Gonzalez-Salazar et al., 2014), (Gonzalez-Salazar et al., 2017)		
<b>Eólica</b>	(Jannuzzi et al., 2010)	(UPME & BID, 2015), (Botero B et al., 2010), (Contreras & Rodríguez, 2016)	(Jannuzzi et al., 2010), (Edsand, 2017)
<b>Fotovoltaica</b>	(Jannuzzi et al., 2010), (MME, 2017), (Botero B et al., 2010), (Cardenas et al., 2017)	(Jannuzzi et al., 2010), (UPME & BID, 2015)	
<b>Geotérmica</b>		(Vélez et al., 2017)	(Jannuzzi et al., 2010), (UPME & BID, 2015)

Tabla 4.2-2: (Continuación)

	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>Solar Térmica</b>	(MME, 2017), (Guzman et al., 2014)	(UPME & BID, 2015)	

En la Tabla 4.2-1 se muestran algunos de los estudios realizados en Colombia sobre la viabilidad de realizar diferentes proyectos de fuentes renovables donde se realiza una categorización de acuerdo con los trabajos consultados. En conclusión la Biomasa es la energía con mayor posibilidad de implementación, esto es con base en la curva de aprendizaje que se tiene sobre esta tecnología, la posibilidad de explotación y la diversidad de componentes orgánicos que se pueden usar para la generación de energía, no sólo en las áreas rurales sino en diferentes aplicaciones de tipo comercial como la calefacción y refrigeración. Las tecnologías FV y solar térmica tienen un alto índice de integración en el mercado eléctrico como fuente alterna, sin embargo, la ausencia de políticas regulatorias, especificaciones técnicas, mano de obra calificada son barreras que se han ido superando con las nuevas reformas y decretos publicados por el MME. La energía eólica según los resultados obtenidos en la Tabla 4.2-1 es la más controversial, ya que si bien se conocen las múltiples ventajas que se tienen, en Colombia aún no se han realizado nuevos proyectos con las características del parque eólico Jepirachi, esto es debido principalmente a la incertidumbre política y regulatoria, decretos de disposición ambiental, normativas técnicas de suministro de equipos y de integración a la red, además del componente social que afecta sobre los emplazamientos con mejores características y aceptación social de estas nuevas tecnologías. Por otro lado, los estudios concuerdan que la energía geotérmica en la actualidad para Colombia aun no es posible su implementación, aún se está estudiando el potencial geotérmico en el país y su aplicación en usos como calefacción y ambientación de espacios, usos que son los más comunes justamente en el sector comercial, esta tecnología no deja de ser prometedora, sin embargo, los costos asociados y la disminución en precios de otras tecnologías como la solar hacen que la geotérmica no sea muy competitiva en el momento.

El panorama nacional no es muy diferente al panorama mundial en comparación con el uso de la energía en el sector comercial, liderado por la calefacción, aire acondicionado, iluminación y fuerza, con lo cual la revisión de literatura realizada en la sección anterior permite guiarnos sobre cuáles son las tecnologías más adecuadas en Colombia con base

en estos consumos energéticos. Con base en las necesidades energéticas etiquetadas es posible realizar una recomendación de tecnologías renovables para suplir dichas necesidades de forma tal que permita desplazar paulatinamente el consumo de energía eléctrica ya sea desde la red e incluso disminuir el consumo de gas natural y GLP. A continuación, en la Tabla 4.2-3 se muestran las tecnologías renovables recomendadas a utilizar para cada uno de los consumos con mayor relevancia en el sector comercial.

**Tabla 4.2-3:** Tecnología recomendada de acuerdo con la necesidad energética, elaboración propia

Usos más frecuentes de consumo de energía en el sector comercial colombiano	TECNOLOGÍAS				
	Solar térmica	Solar FV	Eólica	Geotérmica	Biomasa
Aire acondicionado	X	X	X	X	X
Calefacción	X	X	X	X	X
Calentamiento agua	X	X	X	X	X
Calor Indirecto	X			X	X
Cocción	X	X	X		X
Equipos de oficina		X			
Iluminación	X	X			X
Lavado	X	X	X		
Otros usos	X	X	X	X	X
Refrigeración	X	X	X		

Es definitivo que las necesidades con mayor consumo energético en el sector comercial pueden ser suplidas en gran parte por casi todas las tecnologías renovables donde actualmente se han desarrollado innovaciones para adaptarlas a los usos específicos que este sector requiere. La implementación de estas fuentes de generación con los equipos convencionales supone grandes eficiencias, específicamente en los consumos energéticos asociados al aire acondicionado y calefacción a través de bombas de calor/frío. Estos dos consumos energéticos que son los mayores en este sector pueden ser suplidos con cualquier tipo de tecnología renovable, teniendo en cuenta la ubicación geográfica y la disponibilidad del recurso natural en la zona. Los sectores que se verían ampliamente beneficiados por la implementación de nuevos sistemas de calefacción y acondicionamiento de espacios serían los centros comerciales, hoteles y restaurantes,

administración financiera, administración pública, educación y salud, es decir, la gran mayoría de las actividades económicas de este sector estarían favorecidas con la integración de las tecnologías renovables. Otra de las aplicaciones que cualquiera de las tecnologías recomendadas puede suplir es el calentamiento de agua, este uso es frecuente principalmente en el sector hotelero para la ambientación de espacios en piscinas, y agua caliente sanitaria en los sectores de salud y educación. Sin embargo, para el uso de equipos en oficina sólo se recomienda el uso de la tecnología solar FV, esto es debido a que los adelantos tecnológicos de las demás fuentes de generación se encuentran enfocados en dar solución a otro tipo de aplicaciones con mayor consumo a nivel comercial, y este uso en específico no es representativo, sin embargo, la versatilidad de la FV permite implementarla en la mayoría de aplicaciones, lo que la convierte en una fuente de generación estable y que supliría a satisfacción los equipos de oficina conectados a ella, adicional, los horarios establecidos generalmente en las oficinas, concuerdan con las horas de sol, lo que la convierte en la fuente idónea para este uso energético especialmente en sectores como administración financiera, administración pública, educación y salud, estos sectores además tienen en común grandes superficies, ideales para el montaje de módulos solares.

Para el usos relacionados con la iluminación se recomiendan tres tipos de tecnologías que pueden abastecer esta necesidad con la energía solar y la biomasa que son recursos una proporción significativa en el país y con un potencial de explotación alto, sin embargo, este uso debe estar acompañado por cambios en el tipo de bombillas utilizadas para el mejoramiento en la eficiencia energética de las instalaciones, todos las actividades económicas del sector comercial utilizan la iluminación para realizar los intercambios comerciales de servicios y bienes, por lo que todos los subsectores podrían implementar cualquiera de las tres tecnologías recomendadas, todo esto fomentado por la disminución en los precios de los equipos solares, haciendo aún más atractiva la inversión en esta tecnología, por otro lado la iluminación con bioenergía permite aplicar todos los años de experiencia adquirida que se tiene en esta tecnología en Colombia para la iluminación. En los consumos energéticos por Lavado y Refrigeración se recomienda utilizar las tecnologías renovables solar y eólica, estos usos tienen en común que requieren el uso de fuerza para realizar su función lo que es acorde a las tecnologías recomendadas que de acuerdo con las características de cada instalación es posible obtener niveles de potencia y energía altos, necesarios para abastecer las características técnicas estándar de este

tipo de equipos. Esto supondría un beneficio de tipo económico especialmente para los sectores pequeño comercio, hotelero, educación y salud, acompañado de planes de cambio de electrodomésticos con incentivos otorgados por el gobierno para la mejora de la eficiencia energética, muchos de estos sectores continúan usando equipos de refrigeración y lavado con consumos altos de energía y pobres rendimientos lo que se traduce en un consumo elevado de energía y sobrecostos. El uso generalizado de gas para la cocción de alimentos podría ser reemplazado por el uso de la energía solar, eólica y biomasa, a través de la implementación de módulos solares en las grandes superficies que caracterizan a este sector, en techos y azoteas, así como la construcción de pequeños aerogeneradores para el autoconsumo y con el uso de aplicaciones de biogás ideal para la cocción de los alimentos, esto disminuiría los consumos generados por el gas natural lo que representaría ahorros principalmente los sectores de restaurantes, hoteles, educación, salud, servicios sociales.

Todas las tecnologías renovables recomendadas para los diferentes usos energéticos en el sector comercial se escogieron a partir de la revisión de literatura realizada y la aplicación de estas en el mundo, algunas de ellas en Colombia aún se encuentran en una fase de exploración, sin embargo el potencial asociado es innegable como el caso de la energía geotérmica y por eso se recomienda su uso, otras ya más maduras en el crecimiento tecnológico con mayor número de implementación en diferentes aplicaciones comerciales representan la solución más próxima a implementar para disminuir consumos, además de la disminución de los costos asociados a los dispositivos como es el caso de la solar FV, sin embargo otras con mayor costo pero mucha más eficiencia en las aplicaciones representan una alternativa para aprovechar los recursos naturales y utilizarlos a favor del confort como es el caso de la energía solar térmica, por otro lado tecnologías ampliamente estudiadas, implementadas e impulsadas por el gobierno nacional como la biomasa la posicionan como un recurso con múltiples aplicaciones de tipo comercial y con las innovaciones tecnológicas su uso puede ser aún mayor, por otro lado el potencial de la energía eólica en los diferentes usos comerciales satisface las necesidades con mayor demanda en este sector, lo que la posiciona como una tecnología con un potencial a explorar y explotar en el sector comercial. Finalmente la implementación de todas estas tecnologías renovables debe estar acompañada por la mejora en la parte legal, política, regulatoria y financiera que permita impulsar estas fuentes de generación a través de la

eliminación de barreras en materia de política energética, incentivos y subvenciones, investigación y desarrollo, conciencia medioambiental y política pública.

### **4.3 Conclusiones del capítulo**

En este capítulo se desarrolló una revisión de la literatura en el uso y el tipo de tecnologías que se han empleado en diferentes partes del mundo para el desarrollo del sector comercial con implementación de energías renovables para la microgeneración. Se encontró que las tecnologías con mayor uso son: solar térmica, solar fotovoltaica y biomasa, esto debido a que son las tecnologías con mayor desarrollo e innovación actual en el mundo y presenta una variedad de usos que se adaptan a las necesidades de consumo energético del sector comercial como aire acondicionado, calefacción y calentamiento de agua utilizado principalmente en sectores de relevancia como hoteles, restaurantes, universidades y colegios, hospitales, centros de salud, administración financiera y edificios gubernamentales.

Finalmente, las recomendaciones se enfocan en el uso de las tecnologías solar térmica y FV, eólica, biomasa y geotérmica, debido a que satisfacen las diferentes necesidades energéticas del sector comercial, todas estas satisfacen las necesidades más comunes de calefacción y aire acondicionado, por lo que solo están limitadas en la ubicación geográfica y los recursos disponibles en la zona, por otro lado usos menos frecuentes como el uso de equipos de oficina se recomienda únicamente la tecnología FV, debido a que los avances tecnológicos en las demás fuentes de generación están enfocados en dar solución a otro tipo de necesidades. El uso de refrigeración, lavado e iluminación, además de recomendar el uso de energías renovables, también se recomienda planes de acción gubernamental de eficiencia energética que permitan reemplazar las tecnologías ineficientes utilizadas en estos subsectores por equipos con menores consumos y mayor eficiencia. Finalmente es necesario robustecer la parte regulatoria que permita tener garantías de estabilidad e incentivos que permitan proponer nuevos proyectos de inversión nacional y extranjeras destinados a la disminución de los consumos obtenidos de la red.



## Capítulo 5. Conclusiones

- En el capítulo uno se presentó la importancia del sector comercial colombiano en la economía de país el cual representa un potencial significativo para la integración de tecnologías renovables debido a las características propias como superficies, consumo y servicios ofrecidos. Se caracterizaron los usos energéticos con mayor demanda entre los que se destacan el aire acondicionado, calefacción e iluminación, se concluyó que el sector comercial por su magnitud representa una oportunidad para la integración de tecnologías de tipo renovable y para la mejora de la eficiencia energética en las edificaciones, esto implica además un cambio en forma operativa y la diversificación de la matriz energética que ha dependido tradicionalmente a base de agua, carbón y gas.
- En el capítulo cuatro se presentaron diferentes trabajos relacionados con las aplicaciones de la energía renovable en los usos más frecuentes del sector comercial a nivel mundial. A través de este estudio se concluyó que las fuentes de generación con mayor implementación con base en la demanda comercial son: para calefacción, acondicionamiento de espacios, calentamiento de agua, refrigeración e iluminación, las tecnologías ampliamente utilizadas para este fin son las relacionadas con la solar tanto fotovoltaica como térmica, por otro la tecnología con mayor uso para la cocción es la solar térmica, sin embargo, las demás tecnologías son competitivas en este uso, para el lavado tanto la solar térmica como la FV y biomasa son las más competitivas en esta necesidad. La energía solar se encuentra en una etapa de madurez tecnológica y disminución en los costos de los equipos lo que la ha hecho destacar en las aplicaciones de uso comercial.
- El panorama nacional no es muy diferente al panorama mundial en comparación con el uso de la energía en el sector comercial liderado por la calefacción, aire acondicionado, iluminación y fuerza. En el capítulo cuatro en la sección 4.2 se recomendaron cinco tipos de energía renovable que suplirían las necesidades

demandadas en el sector comercial: solar FV, solar térmica, eólica, geotérmica y biomasa, todas ellas son recomendables para satisfacer las necesidades de calefacción, aire acondicionado y calentamiento de agua teniendo en cuenta la ubicación geográfica y la disponibilidad del recurso natural en la zona.

- De igual forma en la sección 4.2 para aplicaciones como refrigeración, lavado e iluminación, además de las recomendaciones tecnológicas con fuentes de generación renovable, estas deben ir acompañadas con programas de eficiencia energética para disminuir los consumos derivados del sector terciario, esto debido a que en los pequeños comercios aún los electrodomésticos que se utilizan presentan un consumo energético elevado, por lo que se sugiere subvenciones e incentivos para el cambio de estos equipos en los pequeños comercios además de una política de cambio de las iluminarias en el sector a tecnología LED, lo que mejoraría significativamente la eficiencia y disminuiría la demanda actual

## 5.1 Recomendaciones

El presente trabajo analiza de forma general el potencial de cinco fuentes de tecnologías renovables aplicables al sector comercial, sin embargo, no se toma en consideración los siguientes parámetros:

- No se analiza de forma detallada cada una de las actividades económicas que componen el sector terciario y cuál sería la tecnología con base en consumo y ubicación geográfica la más óptima para implementar.
- No se toma en consideración la parte política y regulatoria para la implementación de las fuentes de generación renovable, sólo se realiza una recomendación de acuerdo con las características de cada tecnología en función de su uso.
- No se analiza el impacto en la curva de demanda la integración de este tipo de tecnologías renovables y sus impactos en el sistema.
- No se estudia la viabilidad económica de implementación de estas fuentes en los diferentes establecimientos que componen el sector, ni el tipo de costos asociados a su operación y mantenimiento.

Cualquiera de las líneas anteriormente mencionadas implica un campo de estudio interesante para dar continuidad a este trabajo.

## Bibliografía

- A Forecast International Inc. (2017). Renewable Energy. Recuperado a partir de <http://www.fi-powerweb.com/Renewable-Energy.html>
- Administración de Comercio Internacional del Departamento de Comercio de los Estados Unidos. (2017). Denmark - Renewable Energy Products. Recuperado a partir de <https://www.export.gov/article?id=Denmark-Renewable-Energy-Products>
- Agora, E. (2015). Current and Future Cost of Photovoltaics Current and Future Cost of Photovoltaics.
- Aposteanu, A., Berre, I., Bertani, R., Clauser, C., Jaudin, F., Kujbus, A., ... Urchueguia, J. (2014). Geothermal Technology Roadmap, 36.
- Australian Renewable Energy Agency. (2014). Renewable energy in residential & commercial buildings. Recuperado a partir de <https://arena.gov.au/about/funding-strategy-investment-plan/renewable-energy-in-residential-commercial-buildings/>
- Bahria, S., Amirat, M., Hamidat, A., El Ganaoui, M., & El Amine Slimani, M. (2016). Parametric study of solar heating and cooling systems in different climates of Algeria – A comparison between conventional and high-energy-performance buildings. *Energy*, 113, 521-535. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.022>
- Banco de la Republica. (2015). Sectores Económicos. Recuperado a partir de [http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/sectores\\_economicos](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/sectores_economicos)
- Banco de la República -Departamento de Comunicación Institucional. (2013). *El Sistema Económico - Cartilla* (Vol. 1).
- Bang, C., Vitina, A., Gregg, J. S., & Lindboe, H. H. (2013). Analysis of biomass prices. Future Danish prices for straw, wood chips and wood pellets, 1-115. Recuperado a partir de [file:///C:/Users/sbea/Downloads/analysis\\_of\\_biomass\\_prices\\_2013.06.18\\_-\\_final\\_report.pdf](file:///C:/Users/sbea/Downloads/analysis_of_biomass_prices_2013.06.18_-_final_report.pdf)
- Beerepoot, M. (2011). Technology Roadmap - Geothermal Heat and Power. *International Energy Agency*, 44. <https://doi.org/10.1787/9789264118485-en>
- Botero B, S., Isaza C, F., & Valencia, A. (2010). Evaluation of methodologies for remunerating wind power's reliability in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 2049-2058. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.02.005>

- Cadena, Á. I., González, O. V., & Báez, O. (2014). EFICIENCIA ENERGETICA EN COLOMBIA Estrategias y metas Contenido. *Upme*, 34. Recuperado a partir de [http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/Memorias Eventos/Eficiencia Energetica/2\\_EFICIENCIA ENERGETICA EN COLOMBIA\\_UPME.pdf](http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/Memorias%20Eventos/Eficiencia%20Energetica/2_EFICIENCIA%20ENERGETICA%20EN%20COLOMBIA_UPME.pdf)
- Cardenas, L., Zapata, M., Franco, C. J., & Dyner, I. (2017). Assessing the combined effect of the diffusion of solar rooftop generation, energy conservation and efficient appliances in households. *Journal of Cleaner Production*, 162(Supplement C), 491-503. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.068>
- Congreso de Colombia. (2014). LEY 1715 Mayo de 2014. *Presidencia de la Republica*, (May), 26. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Consejo nacional de energía -CNE-. (2009). *Política energética nacional*.
- Contreras, J., & Rodríguez, Y. E. (2016). Incentives for wind power investment in Colombia. *Renewable Energy*, 87(Part 1), 279-288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.10.018>
- DANE. (2006). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades Económicas - Revisión 3AC.
- DANE. (2015). Encuesta anual de comercio -EAC. *Boletín Técnico*, 2-5.
- DANE. (2016). Cuentas Trimestrales - Colombia Producto Interno Bruto (PIB) Tercer Trimestre de 2016, 2-5.
- DANE. (2017a). Encuesta mensual de comercio al por menor – emcm. *Boletín Técnico*, 1-17.
- DANE. (2017b). Informe de gestión 2016 sector comercio, industria y turismo. *Mincomercio Industria y Turismo*, 392.
- Danish Energy Agency. (2014). *Energy statistics 2014*. [https://doi.org/ISBN 978-87-93180-10-9](https://doi.org/ISBN%20978-87-93180-10-9)
- Dirección nacional de energía y tecnología nuclear. (2008). Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional.
- Edsand, H.-E. (2017). Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia: A function analysis of the technological innovation system and the wider context. *Technology in Society*, 49(Supplement C), 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.01.002>
- Egger, Chistiane, Dell, G. (2015). How upper Australia becae the World's leading solar thermal masrket. Recuperado a partir de [http://www.oec.at/fileadmin/redakteure/ESV/Info\\_und\\_Service/Publikationen/Solar-publ-eu.pdf](http://www.oec.at/fileadmin/redakteure/ESV/Info_und_Service/Publikationen/Solar-publ-eu.pdf)
- EIA. (2017a). Assumptions to the Annual Energy Outlook. *Annual Energy Outlook*, (July).

- EIA. (2017b). Use of Geothermal Energy. Recuperado a partir de [http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=oil\\_use](http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=oil_use)
- Farjana, S. H., Huda, N., Mahmud, M. A. P., & Saidur, R. (2017). Solar process heat in industrial systems – A global review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.065>
- Felipe, C., & Lombo, P. (2017). Microestablecimientos - micro, 1-26.
- Fu, R., Chung, D., Lowder, T., Feldman, D., Ardani, K., Fu, R., ... Ardani, K. (2016). U . S . Solar Photovoltaic System Cost Benchmark : Q1 2016 U . S . Solar Photovoltaic System Cost Benchmark : Q1 2016. *NREL*, (September).
- Ghafoor, A., Rehman, T. ur, Munir, A., Ahmad, M., & Iqbal, M. (2016). Current status and overview of renewable energy potential in Pakistan for continuous energy sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60(Supplement C), 1332-1342. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.020>
- Goldstein, B., Hiriart, G., Bertani, R., Bromley, C., Gutiérrez-Negrín, L., Huenges, E., ... Zui, V. (2011). Geothermal Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 50.
- Gonzalez-Salazar, M. A., Morini, M., Pinelli, M., Spina, P. R., Venturini, M., Finkenrath, M., & Poganietz, W.-R. (2014). Methodology for estimating biomass energy potential and its application to Colombia. *Applied Energy*, 136(Supplement C), 781-796. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.004>
- Gonzalez-Salazar, M. A., Venturini, M., Poganietz, W.-R., Finkenrath, M., & L.V. Leal, M. R. (2017). Combining an accelerated deployment of bioenergy and land use strategies: Review and insights for a post-conflict scenario in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73(Supplement C), 159-177. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.082>
- Great, T., & Surge, N. G. L. (2011). 2015-Wind-Technologies-Market-Report-08162016, (November), 1-6. <https://doi.org/10.1002/lite.201400032>
- Guzman, L., Henao, A., & Vasquez, R. (2014). Simulation and Optimization of a Parabolic Trough Solar Power Plant in the City of Barranquilla by Using System Advisor Model (SAM). *Energy Procedia*, 57(Supplement C), 497-506. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.203>
- Hand, M. (2010). Wind Generation Technology Cost Modeling Purpose of Cost Modeling. *Renewable Energy*.
- Hossain, M. R. (2013). *Smart Grid*. [https://doi.org/doi:10.1007/978-1-4471-5210-1\\_2](https://doi.org/doi:10.1007/978-1-4471-5210-1_2)
- IDAE. (2017). Informe Estadístico energías renovables. España. Recuperado a partir de <http://informeestadistico.idae.es/>
- IEA. (2007). IEA Energy Technology Essentials - Biomass for Power Generation and CHP. *High Temperature*, 1-4. Recuperado a partir de [www.iea.org](http://www.iea.org)

- IEA. (2014a). How2Guide for Wind Energy - Roadmap Development and Implementation. *International Energy Agency*.
- IEA. (2014b). Technology Roadmap Solar Thermal Electricity. *International Energy Agency (IEA)*, 52. [https://doi.org/10.1007/SpringerReference\\_7300](https://doi.org/10.1007/SpringerReference_7300)
- International Energy Agency. (2015). Belize Energy Snapshot. Recuperado a partir de <https://www.iea.org/newsroomandevents/graphics/20150909-china-electricity-generation-by-source-and-co2-intensity.html>
- International Renewable Energy Agency. (2016). Renewable Energy Auctions, 44(June), 26.
- IRENA. (2014). Renewable Energy Prospects: China, (November), 116. Recuperado a partir de [https://irena.org/remap/IRENA\\_REmap\\_China\\_report\\_2014.pdf](https://irena.org/remap/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf)
- IRENA. (2015). Rethinking Energy (IRENA flagship report) - 2015 Edition. *Irena*, 344. <https://doi.org/10.1002/9781119994381>
- IRENA - International Renewable Energy Agency. (2012). Renewable Power Generation Costs. *Irena*, (November 2012), 12.
- IRENA - International Renewable Energy Agency. (2015). Energías Renovables en América Latina 2015 : Sumario de Políticas, 12-19. Recuperado a partir de [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Latin\\_America\\_Policies\\_2015\\_ES.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Latin_America_Policies_2015_ES.pdf)
- Jacobson, M. Z., Delucchi, M. A., Bazouin, G., Dvorak, M. J., Arghandeh, R., Bauer, Z. A. F., ... Yeskoo, T. W. (2016). A 100% wind, water, sunlight (WWS) all-sector energy plan for Washington State. *Renewable Energy*, 86(Supplement C), 75-88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.08.003>
- Jannuzzi, G. D. M., Rodríguez, O. D. B., Gorenstein, J., Goncalves, L., Dourado, R., & Navarro, J. (2010). Energías Renovables para Generación de Electricidad en América Latina : mercado , tecnologías y perspectivas. *International Copper Association Ltd. ICA Latinoamérica*, 204. Recuperado a partir de [http://www.procobre.org/archivos/pdf/energia\\_sustentable/generacion\\_de\\_electricidad.pdf](http://www.procobre.org/archivos/pdf/energia_sustentable/generacion_de_electricidad.pdf)
- Khanna, N. Z., Berkeley, L., Price, L., Berkeley, L., Zhou, N., & Berkeley, L. (2016). Estimating China's Urban Energy Demand and CO 2 Emissions : A Bottom-up Modeling Perspective. Recuperado a partir de [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:M2cQ-OKPwccJ:aceee.org/files/proceedings/2016/data/papers/11\\_129.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=es](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:M2cQ-OKPwccJ:aceee.org/files/proceedings/2016/data/papers/11_129.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=es)
- Lazard. (2016). Levelised Cost of Energy Analysis (version 10.0), (December), 1-21. Recuperado a partir de <https://www.lazard.com/media/438038/levelized-cost-of-energy-v100.pdf>
- Liew, P. Y., Theo, W. L., Wan Alwi, S. R., Lim, J. S., Abdul Manan, Z., Klemeš, J. J., & Varbanov, P. S. (2017). Total Site Heat Integration planning and design for industrial,

- urban and renewable systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 964-985. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.086>
- Lin, W.-M., Chang, K.-C., & Chung, K.-M. (2016b). Economic aspects for solar thermal application in Taiwan. *Sustainable Cities and Society*, 26, 354-363. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.008>
- Lin, W.-M., Chang, K.-C., & Chung, K.-M. (2016a). Economic aspects for solar thermal application in Taiwan. *Sustainable Cities and Society*, 26(Supplement C), 354-363. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.008>
- López, P. (2015). El mercado de las Energías Renovables en Brasil, 10.
- Malagón, J. (2017). Perspectivas económicas 2016-2017.
- Ministerio de Minas y Energía. (2006). Caracterización energética sectores residencial, comercial y terciario. *Colombia (Bogotá D.C)*, 135. Recuperado a partir de [http://www.upme.gov.co/Upme12/2007/Upme13/Caracterizacion\\_energetica\\_sector\\_s.pdf](http://www.upme.gov.co/Upme12/2007/Upme13/Caracterizacion_energetica_sector_s.pdf)
- MME, M. de M. y E. (2017). Plan De Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022.
- Mohammed, Y. S., Mustafa, M. W., & Bashir, N. (2014). Hybrid renewable energy systems for off-grid electric power: Review of substantial issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 527-539. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.022>
- Oficina Económica y Comercial de España en El Salvador. (2016). Informe economico y comercial de El Salvador. *Evaluation*.
- Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala. (2016). INFORME ECONÓMICO Y COMERCIAL Guatemala, 1-53.
- Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile. (2017). Informe economico y comercial de Chile, (2).
- Perez, E. (2011). Observatorio de Energía Renovable Para América Latina y el Caribe, 75.
- Power Technology. (2014). The world's most used renewable power sources. Recuperado a partir de <http://www.power-technology.com/features/featurethe-worlds-most-used-renewable-power-sources-4160168/>
- Raj, N. T., Iniyan, S., & Goic, R. (2011). A review of renewable energy based cogeneration technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3640-3648. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.06.003>
- REN21. (2016). Energías renovables 2016. Reporte de la situación mundial.
- Renewable, I., & Agency, E. (2015). REmap, Renewable Energy Prospects: Germany, (November).

- Reportlinker. (2015). Global Biomass Market Forecast - Assessment of Opportunities, Trends and Challenges 2014-202. Recuperado 1 de enero de 2017, a partir de <http://www.prnewswire.com/>
- Rezaie, B., Esmailzadeh, E., & Dincer, I. (2011). Renewable energy options for buildings: Case studies. *Energy and Buildings*, 43(1), 56-65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.08.013>
- Rodriguez, H. (2009). Caracterización Del Consumo De Energía Final En Los Sectores Terciario, Grandes Establecimientos Comerciales, Centros Comerciales.
- Román, R., Cansino, J. M., & Rodas, J. A. (2018). Analysis of the main drivers of CO2 emissions changes in Colombia (1990–2012) and its political implications. *Renewable Energy*, 116(Part A), 402-411. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.016>
- Sangster, A. J. (2014). Solar Photovoltaics. *Green Energy and Technology*, 194(4), 145-172. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08512-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08512-8_7)
- Sawin, J. L., Seyboth, K., & Sverrisson, F. (2016). *Renewables 2016: Global Status Report*. [https://doi.org/ISBN 978-3-9818107-0-7](https://doi.org/ISBN%20978-3-9818107-0-7)
- Solar Energy Industries Association. (2013). Solar Heating & Cooling : Energy for a Secure Future.
- SSPD. (2014). Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI). *Cobertura de acueducto*. Recuperado a partir de <http://www.sui.gov.co/>
- Stötzer, M., Hauer, I., Richter, M., & Styczynski, Z. A. (2015a). Potential of demand side integration to maximize use of renewable energy sources in Germany. *Applied Energy*, 146(Supplement C), 344-352. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.02.015>
- Stötzer, M., Hauer, I., Richter, M., & Styczynski, Z. A. (2015b). Potential of demand side integration to maximize use of renewable energy sources in Germany. *Applied Energy*, 146, 344-352. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.02.015>
- Subramanyam, V., Ahiduzzaman, M., & Kumar, A. (2017). Greenhouse gas emissions mitigation potential in the commercial and institutional sector. *Energy and Buildings*, 140, 295-304. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.02.007>
- Superintendencia de servicios públicos. (2014). Informe sectorial Energía Eléctrica, Gas natural y Gas licuado de petróleo, 175. Recuperado a partir de <http://www.superservicios.gov.co/content/download/8267/70214>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2016). SUI. *Reportes administrativos gas*. Recuperado a partir de <http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=1>
- Texas Renewable Energy Industries Alliance -TREIA. (2016). Renewable Energy. Recuperado a partir de <http://www.treia.org/renewable-energy-defined/>

- U.S Energy Information Administration. (2016). *How much energy is consumed in U.S. residential and commercial buildings?* Recuperado a partir de <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=86&t=1>
- Unternährer, J., Moret, S., Joost, S., & Maréchal, F. (2017). Spatial clustering for district heating integration in urban energy systems: Application to geothermal energy. *Applied Energy*, 190, 749-763. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.136>
- UPME. (2013). *Eficiencia Energética Colombia* -.
- UPME. (2016). Sistema de Información Minero Energético Colombiano.
- UPME, & BID. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Recuperado a partir de [http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion\\_Energias\\_Renovables/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVANLES\\_WEB.pdf](http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf)
- Ürge-Vorsatz, D., Cabeza, L. F., Serrano, S., Barreneche, C., & Petrichenko, K. (2015). Heating and cooling energy trends and drivers in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41(Supplement C), 85-98. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.039>
- Vélez, M. I., Blessent, D., Córdoba, S., López-Sánchez, J., Raymond, J., & Parra-Palacio, E. (2017). Geothermal potential assessment of the Nevado del Ruiz volcano based on rock thermal conductivity measurements and numerical modeling of heat transfer. *Journal of South American Earth Sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.11.011>
- Voulis, N., Warnier, M., & Brazier, F. M. T. (2017). Impact of service sector loads on renewable resource integration. *Applied Energy*, 205(Supplement C), 1311-1326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.134>
- YU, S., Evans, M., & Shi, Q. (2014). Analysis of the Chinese Market for Building Energy Efficiency, (March), 68. Recuperado a partir de [http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-22761.pdf](http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-22761.pdf)