

**DETERMINANTES DE LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS DE
ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA**

JUAN SEBASTIÁN OJEDA VILLAMIZAR

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA
2016**

**DETERMINANTES DE LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS DE
ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA**

JUAN SEBASTIÁN OJEDA VILLAMIZAR

TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE ECONOMISTA

DIRECTOR:

FERNANDO ESTRADA

Msc.Filosofía

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA
2016**

***A mis padres, mi amada Made, Matías, y a los que no pierden la fe
en un mundo mejor.***

AGRADECIMIENTOS

Sin la guía y colaboración del profesor Fernando Estrada este trabajo no habría podido ser realizado, por creer, confiar y apoyarme, gracias.

A Madelyn Castro Becerra, quien estuvo siempre a mi lado alentando mis propósitos, revisando los avances de la investigación, ofreciéndome su consejo y opinión sincera. Por lo anterior, y por llenarme de motivos para ser mejor, gracias infinitas.

A mi familia y amigos, por tener fe, gracias.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. ANTECEDENTES	21
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	28
1.2 JUSTIFICACIÓN	29
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
1.3.1 Delimitación temporal.....	29
1.3.2 Delimitación espacial	30
1.3.3 Preguntas de investigación	30
1.3.4 Hipótesis	30
1.4 OBJETIVOS.....	31
1.4.1 General	31
1.4.2 Específicos.....	31
1.5 METODOLOGÍA	31
1.5.1 Recolección de datos.....	32
2. MARCO TEÓRICO	33
3. MERCADO ENERGÉTICO	36
3.1 Mercado Energético Mundial	36
3.1.1 Mercado Energético Renovable Mundial	36
3.1.2 Mercado Energético Solar Mundial	37
3.2. Mercado Energético Colombiano.....	42
3.2.1. Mercado Energético Renovable Colombiano.....	45

3.2.2. Marco Legal	46
3.2.3. Energía Solar en Colombia	53
3.2.4 Conclusiones	64
4. DIAMANTE DE PORTER.....	69
4.1 CONDICIONES DE LOS FACTORES	69
4.2 CONDICIONES DE LA DEMANDA	70
4.3 INDUSTRIAS RELACIONADAS Y DE APOYO	72
4.3.1 Industrias proveedoras.....	72
4.3.2 Industrias relacionadas	73
4.4 ESTRATEGIA, ESTRUCTURA Y RIVALIDAD DE LA EMPRESA.....	74
4.4.1 Objetivos de la compañía.....	75
4.4.2 Rivalidad doméstica.....	76
4.5 ROL DEL AZAR	76
4.6 ROL DEL GOBIERNO	77
4.7 CRÍTICA GENERAL	78
5. ANÁLISIS DE LOS DETERMINANTES DE LA COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA SOLAR EN COLOMBIA.....	80
5.1 CONDICIONES DE LOS FACTORES	80
5.1.1 Recursos de conocimiento.....	80
5.1.2 Actividades de I&D.....	82
5.1.3 Infraestructura.....	83
5.2 CONDICIONES DE LA DEMANDA	84
5.2.1 Tamaño del mercado	85

5.2.2 Tasa de crecimiento.....	86
5.3 INDUSTRIAS RELACIONADAS Y DE APOYO	86
5.4 ESTRUCTURA, ESTRATEGIA Y RIVALIDAD DE LA EMPRESA.....	88
5.5 ROL DEL GOBIERNO	90
6. CONCLUSIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	100
ANEXOS	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de Trabajos de Grado, Artículos y Documentos consultados.....	26
Tabla 2. Valores de irradiación promedio para diferentes regiones del país	53
Tabla 3. Cuadro comparativo de capacidad acumulada, tamaño poblacional y de mercado.....	85

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Conteo de Proyectos según Fecha de Registro y Fase de registro	115
Anexo B. Suma de Capacidad Registrada en MW y Fase de registro por Departamento	116
Anexo C. Suma de Capacidad Registrada en MW y Fase de registro por Municipio	117
Anexo D. Suma de Capacidad Registrada en MW, Empresas Promotoras, Departamentos, y Fase de registro	118
Anexo E. Inconsistencias Presentadas en la revisión de datos del SGI&C	119
Anexo F. Cantidad de proyectos Termosolares de I&D según el Ejecutor, el Financiado, la Tecnología utilizada y el tipo de Iniciativa	120
Anexo G. Cantidad de proyectos Termosolares Comerciales según el Ejecutor, el Financiado, y el tipo de Iniciativa	121
Anexo H. Cantidad de proyectos FV de I&D según el Estado del proyecto	122
Anexo I. Cantidad de proyectos FV Comerciales según el Estado del proyecto..	122
Anexo J. Capacidad instalada de proyectos FV Comerciales según el Estado del proyecto	122
Anexo K. Iniciativas de proyectos FV Comerciales según Cantidad y el Estado del proyecto	123
Anexo L. Iniciativas de proyectos FV Comerciales según Capacidad Instalada en kW y Estado del proyecto	123
Anexo M. Iniciativas de proyectos FV de I&D según Cantidad y el Estado del proyecto	124

Anexo N. Capacidad Instalada en kW de proyectos comerciales FV por Departamentos y Estado del proyecto	124
Anexo Ñ. Cantidad de proyectos FV de I&D por Departamentos y Estado del proyecto	125
Anexo O. Capacidad Instalada en kW de proyectos comerciales FV por Municipios y Estado del proyecto	126
Anexo P. Cantidad de proyectos FV de I&D por Municipios y Estado del proyecto	127
Anexo Q. Financiadores de proyectos comerciales FV, según cantidad de proyectos tipo de financiación (iniciativa), y estado de los proyectos	127
Anexo R. Financiadores de proyectos comerciales FV, según capacidad instalada en kW, tipo de financiación (iniciativa), y estado de los proyectos.....	128
Anexo S. Financiadores de proyectos de I&D FV, según cantidad de proyectos, tipo de financiación (iniciativa), y estado de los proyectos.....	128
Anexo T. Tipo de Conexión de los proyectos comerciales FV, según cantidad de proyectos, y estado de los proyectos.....	129
Anexo U. Tipo de Conexión de los proyectos comerciales FV, según capacidad instalada de proyectos en kW, y estado de los proyectos	129
Anexo V. Ejecutores de proyectos comerciales FV, según cantidad de proyectos, y estado de los proyectos	130
Anexo W. Ejecutores de proyectos comerciales FV, según capacidad instalada de proyectos en kW, y estado de los proyectos.....	131
Anexo X. Ejecutores de proyectos FV de I&D, según cantidad de proyectos, y estado de los proyectos	132
Anexo Y. Energía Mensual (Kw/mes) de proyectos FV comerciales, según Departamento, Municipio y Estado del Proyecto	133

Anexo Z. Comparación de las bases de datos de proyectos FV comerciales del Informe de Registro de Proyectos de la UPME y el SGI&C 134

RESUMEN

TITULO: DETERMINANTES DE LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS DE ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA. *

AUTOR: JUAN SEBASTIÁN OJEDA VILLAMIZAR. **

PALABRAS CLAVE: ENERGÍAS RENOVABLES, ENERGÍA SOLAR, ENERGÍA FOTOVOLTÁICA, COMPETITIVIDAD, DIAMANTE DE PORTER.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo de investigación surgió por la preocupación frente a los efectos producidos por el cambio climático y a los desequilibrios económicos de los últimos años, generados principalmente por la producción y consumo desmedido de combustibles fósiles y procesos industriales. La alta dependencia de la economía Colombiana al sector de hidrocarburos ha demostrado ser nociva para las finanzas del país a largo plazo. La energía solar sobresale de entre todas las energías renovables y puede convertirse en un sector estratégico para el futuro del país, solucionando los problemas ocasionados por las energías fósiles. Es necesario que las empresas y el gobierno conozcan los factores que determinan la competitividad de este sector con el fin de tomar decisiones más acertadas en su promoción y difusión. Para ello se elaboró una base de datos sobre el sector solar en Colombia con información recopilada de fuentes secundarias, que permitió recoger conclusiones descriptivas y analíticas que no estaban disponibles hasta ahora y que posibilitan la comprensión de su estructura actual. También se identificaron los principales factores competitivos de las empresas del sector solar en base al modelo del diamante de Porter, se definieron indicadores de medida para cada uno y se contrastaron con Ecuador, Perú, Chile y Alemania, evidenciando las ventajas y desventajas actuales del país frente a la región. Un análisis más profundo acerca del rol del gobierno demostró que la configuración de un marco institucional eficaz y transparente, que coordine acciones entre las entidades públicas y privadas, fomentando la competencia entre energéticos, influye de forma sustancial en la actividad económica del sector solar.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias Humanas, Escuela de Economía y Administración, Director: Fernando Estrada

ABSTRACT

TITLE: DETERMINANTS OF THE COMPETITIVENESS OF SOLAR ENERGY COMPANIES IN COLOMBIA.*

AUTOR: JUAN SEBASTIÁN OJEDA VILLAMIZAR. **

PALABRAS CLAVE: RENEWABLE ENERGY, SOLAR ENERGY, PHOTOVOLTAIC ENERGY, COMPETITIVENESS, PORTER'S DIAMOND.

DESCRIPCIÓN:

The present research work arose from the concern about the effects caused by climate change and the economic imbalances of recent years, generated mainly by the excessive production and consumption of fossil fuels and industrial processes. The high dependence of the Colombian economy on the hydrocarbon sector has proven to be harmful to the country's long-term finances. Solar energy stands out from all renewable energies and can become a strategic sector for the future of the country, solving the problems caused by fossil fuels. It is necessary that companies and the government know the factors that determine the competitiveness of this sector in order to make better decisions in its promotion and diffusion. For this purpose, a database on the solar sector in Colombia was set up, with information collected from secondary sources, which allowed the collection of descriptive and analytical conclusions that were not available until now and which make possible to understand its current structure. The main competitive factors of the companies in the solar sector were also identified based on the Porter's diamond model. Measure indicators were defined for each one and contrasted with Ecuador, Peru, Chile and Germany, showing the current advantages and disadvantages of the country in front of the region. A more in-depth analysis of the role of government showed that the configuration of an effective and transparent institutional framework that coordinates actions between public and private entities, promoting competition between energy sources, has a substantial influence on the economic activity of the solar sector.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ciencias Humanas, Escuela de Economía y Administración, Director: Fernando Estrada.

INTRODUCCIÓN

Desde la era preindustrial las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) se han incrementado a un ritmo cada vez más acelerado, conducidas principalmente por el crecimiento económico y poblacional. El incremento de la presencia de estos gases en la atmósfera ha dado como resultado que cada una de las últimas tres décadas haya sido sucesivamente más caliente en la superficie de la tierra que cualquier década precedente de 1850,¹ esta situación ha traído como consecuencia aumento en el nivel de los océanos, reducción de las capas de hielo en los polos, disminución del hielo marino y de las capas de nieve, retroceso glaciar, acidificación del océano y desastres naturales como huracanes, terremotos y tsunamis en diferentes regiones del planeta.² Los riesgos relacionados con este calentamiento ponen en peligro la existencia de especies animales y vegetales, comprometiendo la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus necesidades básicas, demostrando así la inviabilidad del modelo de desarrollo actual del planeta y poniendo de manifiesto la necesidad de un modelo de desarrollo sostenible con el medio ambiente.³

Este escenario ha motivado el desarrollo de diversos estudios por parte de diferentes organizaciones internacionales, universidades y ONGs que buscan explicar sus causas y hallar medios para hacerle frente. En lo que coinciden la mayor parte de los estudios e investigaciones ha sido que la explotación y uso de combustibles fósiles y de procesos industriales se constituyen como los principales emisores de GEI, llegando a generar (a 2015) un 78%⁴ a nivel mundial. Estos tipos de prácticas, por otro lado, ponen en riesgo la seguridad energética global, si se considera la naturaleza finita de los recursos, pues se calcula podrían agotarse en alrededor de 50 años,⁵ situación que se agrava además por su desigual distribución geográfica, ya que solo una pequeña cantidad de países exportadores soporta el total de la demanda mundial, lo cual ha creado un mercado oligopólico que afecta directamente el desarrollo y crecimiento del resto de países, engendrando desigualdad, incertidumbre y en muchos casos generando conflictos armados en busca del control de yacimientos.

¹ INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2014: Synthesis Report. 2014.

² ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE LA AERONAUTICA Y DEL ESPACIO. [sitio web]. Estados Unidos de América: NASA. Global Climate Change, Vital Signs of the Planet. [Consultado el 01 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://climate.nasa.gov/evidence/>>.

³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. [sitio web]. ONU. El Desarrollo Sostenible. [Consultado el 01 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>>

⁴ BP PLC. Statistical Review of World Energy June 2016. 2016.

⁵ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. [sitio web]. IEA. Energy Security. [Consultado el 5 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://www.iea.org/topics/energysecurity/subtopics/whatisenergysecurity/>>

Los efectos ya visibles del cambio climático aunados a las causas identificadas de éste y a los riesgos que se prevén, llevaron a que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y sus países miembros establecieran como uno de sus objetivos del milenio más importantes el desarrollo sostenible, el cual incluye la generación de energía sostenible, y busca "*asegurar acceso universal a servicios de energía modernos, mejorar el rendimiento y aumentar el uso de fuentes renovables*."⁶ Recomendación que hace extensiva el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático al sugerir la implementación de tecnologías de energías renovables para buscar la mitigación de emisiones que produce el sector energético.⁷

Entre las diferentes fuentes de energía renovable conocidas se destaca la energía solar, no solo por ser un recurso energético limpio, amigable con el medio ambiente, abundante, inagotable, ampliamente distribuido en el planeta y, que si obtiene políticas efectivas de apoyo en los países puede contribuir considerablemente en cualquiera de sus formas (solar térmica y solar fotovoltaica) para resolver los retos más urgentes a los que se enfrenta el mundo: cambio climático, seguridad energética y acceso universal a los servicios modernos de energía;⁸ sino porque también se ha construido un sector industrial y de servicios alrededor de este recurso que crece a niveles nunca antes vistos, impulsado principalmente por una reducción de los costos (que han disminuido a un ritmo promedio de 14% año tras año desde el 2008)⁹ y de políticas de fomento de energías renovables, lo cual ha incrementando la capacidad energética instalada global de energía solar en un 52% entre el 2010 y 2013, y en un 27% entre el 2014 y 2015,¹⁰ llevando a que esta industria reciba (a 2015) el 56% del total de inversiones realizadas en el sector de energías renovables a nivel mundial,¹¹ y a que se convierta en el sector que más puestos de trabajo genera entre las energías renovables, empleando en promedio a 3´740.000 personas en el 2015.¹²

Por otra parte, el hecho de que la disponibilidad de este recurso sea mayor en los países cálidos y soleados (como Colombia), los cuales se espera experimenten un crecimiento poblacional superior a los países helados, llegando a tener 7 billones

⁶ ONU. [sitio web]. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Consultado el 05 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>>

⁷ IPCC. Op. cit., p. 82.

⁸ ONU. [sitio web]. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Op. cit.

⁹ FU, Ran; JAMES, Ted L., y WOODHOUSE, Michael. Economic Measurements of Polysilicon for the Photovoltaic Industry: Market Competition and Manufacturing Competitiveness. En: IEEE Journal of Photovoltaics. Marzo, 2015. vol. 5, no. 2.

¹⁰ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Estadísticas de Energía Renovable 2016. 2016.

¹¹ RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN21). Renewables 2016, Global Status Report. 2016. p.12.

¹² IRENA. Renewable Energy and Jobs Annual Review 2016. 2016. p. 5.

frente a 2 billones de habitantes en el 2050,¹³ que además vendrá acompañado por un incremento de un tercio de la demanda energética actual en los países no pertenecientes a la OCDE,¹⁴ supone una oportunidad para que estos países formulen políticas que favorezcan el crecimiento de un mercado de generación de energía sostenible, que les permita suplir la demanda energética de sus regiones a la vez que les brinda mayor autonomía energética y por lo tanto seguridad energética, generando mejores resultados económicos y empresariales,¹⁵ mientras emplean tecnologías verdes que les permitan potenciar las cualidades geográficas y ambientales de su localización.

Para el caso de Colombia existe un vasto potencial de energía solar, con rendimientos que varían desde los 4 a los 6 kWh/día/m² entre regiones, un área de 170.000 km² con niveles de radiación de entre los 5 y 6 kWh/día/m² y tan solo el 1.53% del área nacional con irradiación solar por debajo de los 4 kWh/día/m²,¹⁶ lo cual supera la irradiación promedio mundial de 3,9 kWh/día/m², y está muy por encima del promedio de irradiación que recibe Alemania (3,0 kWh/día/m²),¹⁷ país número uno (a 2014) a nivel mundial en capacidad instalada de energía solar fotovoltaica (38.2 GW).¹⁸ Este panorama pone de manifiesto la oportunidad que representa el aprovechamiento del recurso solar en Colombia, tanto para las empresas dedicadas al diseño, montaje, mantenimiento y comercialización de productos y servicios asociados a la energía solar, como para el país en general, ya que una difusión de este tipo de tecnologías podría reducir la incertidumbre e inseguridad energética que genera la dependencia que se tiene con las fuentes de energía no renovables, que para el caso colombiano tan solo el sector hidrocarburos representó (a 2013) el 8,5% del PIB nominal,¹⁹ y el 78% de la demanda energética interna (la cual en un escenario de autoabastecimiento solo podría satisfacerse durante 7 años en el caso del petróleo y 15 años en el de gas natural),²⁰ y en donde la crisis de 2008 que provocó una reducción de los precios le costó al país una pérdida de 1,7 puntos del PIB.²¹

A razón del escenario de dependencia anterior y de acuerdos suscritos a nivel internacional, el Congreso de Colombia promulgó la Ley 1715 del 2014 con el fin

¹³ IEA. Solar Energy Perspectives: Executive Summary. 2011. p.1.

¹⁴ IEA. World Energy Outlook 2015, Spanish Translation. 2015. p.1.

¹⁵ DE ESPONA, Rafael, J. El Moderno Concepto Integrado de Seguridad Energética. Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE). 2013.

¹⁶ CORPOEMA. Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE). UPME. 2010. vol. 1, p. 61.

¹⁷ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Integración de las Energías Renovables No Convencionales en Colombia. MINMINAS. 2015. p. 40.

¹⁸ REN21. Renewables 2015. Global Status Report. 2015. p. 60.

¹⁹ UPME. Evaluación de la Contribución Económica del Sector de Hidrocarburos Colombiano frente a Diversos Escenarios de Producción. 2015. p.8.

²⁰ UPME. Integración de las Energías Renovables...Op.cit., p. 25.

²¹ UPME. Evaluación de la Contribución...Op.cit., p. 12.

de impulsar y fomentar la difusión de las tecnologías renovables a nivel nacional, en la cual se determinan las entidades encargadas de la reglamentación, vigilancia y control en el proceso de implementación de este tipo de tecnologías, además establece incentivos de tipo tributario (IVA y declaración de renta), arancelario y contable (depreciación acelerada) para los proyectos que se sirvan de las tecnologías verdes destinadas a la generación de energía, y a pesar de que el marco regulatorio existente no permite cumplir con el espíritu de esta ley aún, ya que hace falta la reglamentación y normatividad para establecer precios, entregar excedentes, esquemas de medición, procedimientos para el acceso a los incentivos, etc.;²² según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la energía solar gracias a sus costos decrecientes resulta competitiva hoy en día con las tarifas del mercado minorista de energía eléctrica, especialmente con los sectores residencial y comercial.²³

Seguramente, por lo anterior, en los últimos cinco años se han incrementado de forma considerable (en 65 veces) las instalaciones que aprovechan la energía solar fotovoltaica (FV) en el país y que se dedican principalmente a la generación de energía eléctrica, dado que pasaron de 9 MW (según la estimación oficial más reciente) en 2010²⁴ a 589,92 MW (según una revisión al Sistema de Gestión de Información y Conocimiento en FNCER (SGI&C) en Colombia) para julio del 2016,²⁵ crecimiento que también se experimentó en la cantidad de empresas dedicadas al diseño, implementación y comercialización de componentes de los Sistemas Fotovoltaicos en Colombia, lo cual se evidencia en un conteo realizado en 2014 para un trabajo de grado de la Universidad Industrial de Santander²⁶ donde se contabilizaron 29 empresas de este tipo frente a 78 que fueron contabilizadas tras una revisión del SGI&C²⁷ y del informe de Registros de Proyectos de Generación 2016,²⁸ representando un incremento del 168% en la cantidad de empresas de energía solar en dos años.

Es a raíz de la trascendencia de las energías renovables en el proceso de un desarrollo sostenible en el planeta, las características esenciales del recurso solar, el progreso y difusión reciente de las tecnologías que aprovechan al sol para la generación de energía (con lo cual se han disminuido sus costos mientras que se ha incrementado su calidad y rendimiento), y al hecho de que, con la legislación reciente en materia de energías renovables en Colombia y su progresiva

²² UPME. Integración de las Energías Renovables...Op.cit.

²³ *Ibid.*, p. 41.

²⁴ CORPOEMA. Op.cit., p. 72.

²⁵ Cálculos del autor en base a información recopilada del SGI&C. 2016. [Base de datos en línea].

²⁶ OSPINO, Ronald y CARTAGENA, Diego. Identificación de soluciones tecnológicas de vanguardia para el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos. Trabajo de grado Ingeniería Eléctrica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Eléctrica. 2015.

²⁷ Cálculos del autor en base a información recopilada del SGI&C. 2016. Op.cit.

²⁸ UPME. Registro de Proyectos de Generación. 2016.

implementación en los próximos años se ha abierto la ventana a una oportunidad comercial que podría generar empleo, reducir la volatilidad y usuales incrementos en los costos de la electricidad, brindando mayor seguridad energética, a la vez que se combate el calentamiento global, que en esta investigación se buscan identificar los factores que determinan la competitividad* de las empresas del sector de la energía solar en Colombia, dedicadas principalmente al diseño, implementación, mantenimiento y comercialización de las tecnologías que aprovechan el recurso solar, tanto para la generación de energía eléctrica como térmica, esto con el fin de entender su contexto para poder formular políticas y estrategias empresariales que logren aumentar la difusión de estas tecnologías, mientras que se fomenta tanto externa (por parte de los agentes públicas y privadas) como internamente (por parte de las empresas) la competitividad de las empresas solares en el país.

* Entendido esto como la capacidad de competir con otras empresas generando una mayor producción y/o ventas, con la mejor calidad y al menor costo posible, manteniendo e incrementando la cuota de mercado, así como recibiendo unos beneficios económicos apropiados en relación con los recibidos anteriormente.

1. ANTECEDENTES

En el año 2009, el físico y matemático británico David J. C. MacKay publicó una investigación acerca de la energía sostenible, su importancia y, aspectos entorno a ella a nivel mundial y en Gran Bretaña, recopilada en el libro titulado "Sustainable Energy: Without the hot air"²⁹, donde en base a diversas fuentes bibliográficas, y bases de datos oficiales y elaboradas minuciosamente, además de tablas, gráficos y análisis matemáticos, sostiene que existe una adicción entorno a los combustibles fósiles e insostenibilidad a partir de ella, principalmente debido a los elevados niveles de consumo de este tipo de recursos que para entonces era del 80% del total de la energía consumida a nivel mundial (consumo que para el 2013 aumentó hasta el 81,2%³⁰) y, que para el caso de Gran Bretaña era de 90% (situación que se ha revertido gradualmente en este país pues a 2014 registraba un consumo del 84,5% a partir de combustibles fósiles³¹). Este hábito, argumenta MacKay, debería revertirse y redirigirse hacia las energías sostenibles principalmente por tres razones: Porque finalmente agotaría las reservas existentes, empezando por aquellos combustibles de fácil obtención; por el efecto demostrado que sería peligroso para el clima a nivel mundial; y finalmente, porque una reducción del consumo sería un sabio movimiento para garantizar la seguridad del suministro en años posteriores.

También realiza comparaciones muy claras de diferentes hábitos de consumo y la huella de carbono que dejan, lo que permite conocer comportamientos sub y sobre dimensionados, a esto concluye que para lograr un cambio significativo tiene que haber un trabajo a nivel nacional y no solo unipersonal. Entre las recomendaciones que realiza para lograr un cambio en los hábitos de la demanda, considera el cambio de estilo de vida y el progresivo cambio hacia tecnologías más eficientes. Entre sus apreciaciones hay otras conclusiones valiosas, como por ejemplo, que las tecnologías solares brindan mayor energía por área (entre 5 y 20 W/ m²) que el resto de energías renovables (entre 2 y 3W/ m² para el caso de la energía eólica), para demostrarlo, utiliza el ejemplo de que se necesitarían 20 mil m² de área terrestre para proveerle 50kWh/día por persona con energía solar a un grupo de 60 millones de personas, frente a los 40 mil m² que se necesitarían para suplir de energía a la misma cantidad de personas con energía eólica marina. Además, realiza recomendaciones acerca del buen rendimiento de los paneles solares por m², en donde se necesitan 3 m² para impulsar un sistema de 3,8 kWh/día a un costo de tan solo 53 W/m², lo cual reduce el costo energético en

²⁹ MACKAY, David, Sir. Sustainable Energy, Without the Hot Air. Versión 3.5.2. Inglaterra: UIT Cambridge 2009.

³⁰ BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Fossil fuel energy consumption. [Consultado el 30 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS>>

³¹ DEPARTMENT OF ENERGY AND CLIMATE CHANGE (Gran Bretaña). Digest of United Kingdom Energy Statistics. London. 2015. p. 17.

alrededor de 2 kWh/día, obteniendo más por menos, al tiempo que contribuye con un modelo energético sostenible en el tiempo.

Más adelante, en el año 2011, Jeremy Rifkin, economista experto en nuevas tendencias de ciencia, tecnología, economía y sociedad, asesor de la Unión Europea y de diversos jefes de estado, publicó el libro titulado "La Tercera Revolución Industrial" (TRI),³² una investigación que advierte sobre la crisis económica ligada al modelo de desarrollo económico que gira en torno a los combustibles fósiles y ha propiciado, tras la crisis de las hipotecas *subprime* en Estados Unidos (cuando se evidenció que el mercado se sostenía sobre una deuda impagable proveniente del estilo de vida del hombre, generando desempleo a niveles alarmantes en casi todos los países del mundo, y que ha incrementado la desigualdad, reflejado en los índices de desnutrición y hambre que rondaban las mil millones de personas), una crisis climática a raíz del incremento en la contaminación del medio ambiente a ritmos nunca antes vistos desatando un desequilibrio de la biosfera, que están destruyendo los ecosistemas y amenazan la supervivencia incluso de la raza humana.

Pero, por otro lado, también avisa sobre la oportunidad que se presenta para poder configurar una nueva era poscarbónica y distribuida, en donde convergen las tecnologías de los nuevos regímenes energéticos (que además posibilitan una actividad económica más interdependiente, fomentan los intercambios comerciales y propician unas relaciones sociales más densas e inclusivas) con las tecnologías que provienen de la revolución de las comunicaciones ("que funcionan como los medios por los cuales se organizan y gestionan nuevas dinámicas temporales y espaciales que surgen de los nuevos sistemas energéticos").³³ Sinergia que fomentaría la expansión y fortalecimiento de lo que Rifkin denomina los 5 pilares de la TRI y son: 1) La transición hacia la energía renovable; 2) Microcentrales eléctricas en los techos de los edificios impulsadas por la energía solar; 3) Tecnologías para el almacenamiento de la energía renovable; 4) Sistemas energéticos renovables interconectados con la tecnología del internet que desarrollen un modelo de energía compartida donde se puedan entregar y recibir excedentes de energía desde cualquier parte del mundo y en cualquier momento; 5) Transición de los vehículos de carbono hacia vehículos de motor eléctrico. En este sentido, para reforzar la idea de que el cambio ya está en marcha, presenta ejemplos de ciudades que están implementando proyectos en torno a los anteriores pilares, como Roma, San Antonio, Mónaco y Utrecht, además resalta repetidamente el papel trascendental que ocupa el Estado como gestor del cambio, y concluye con diferentes casos como el de las inversiones estatales en

³² RIFKIN, Jeremy. La Tercera Revolución Industrial: Como el Poder Lateral está Transformando la Energía, la Economía y el Mundo. Barcelona: Paidós, 2011.

³³ *Ibid.*, p.14.

Estados Unidos durante la transición hacia la era industrial que sin el apoyo estatal ese país jamás habría alcanzado su éxito comercial.

En cuanto al contexto de cómo se generó esta dinámica de cambio económico en la política mundial, señala que desde el año 2000 la Unión Europea tomó en cuenta de entre el resto de países las implicaciones de la obtención de energía por medio de combustibles fósiles, por lo cual emprendió una hoja de ruta para la difusión de las energías renovables con una serie de políticas y estrategias para reducir significativamente su huella de carbono y potenciar la transición a una era económica sostenible, época durante la cual los estadounidenses veían una elevada migración de capitales hacia las recientes inversiones *subprime* que prometían elevados intereses y el surgimiento de una industria sobrevalorada de empresas virtuales. Fue hasta Octubre del 2008, solo unas semanas después de que ocurriera el colapso económico, que Estados Unidos empezó el desarrollo de planes sobre la construcción, la arquitectura, el negocio inmobiliario, las tecnologías de la información, la generación y distribución de electricidad, los transportes y la logística, todo alrededor del campo de las energías renovables. De acuerdo con Rifkin, esa difusión de las tecnologías energéticas y de comunicaciones fomentará progresivamente la transición hacia un poder político lateral (de lado a lado), donde el poder será ejercido por la sociedad e impulsado por el poder colaborativo generado alrededor de las tecnologías del internet y las energías renovables, un resultado totalmente opuesto al esquema del poder tradicional, organizado vertical y descendentemente.

Ahora bien, acerca de las energías renovables, resalta que el propósito de éstas es lograr almacenar la energía que producen dada su intermitencia, para garantizar un suministro confiable y seguro de electricidad según lo requiera la demanda. Para ello presenta diferentes alternativas de tecnologías, como el hidrógeno, que permiten almacenar energía de fuentes renovables (un ejemplo reciente y desarrollado comercialmente es el Powerwall³⁴, por Tesla Motors, con capacidad de 6,4 kWh que almacena suficiente energía para alimentar una vivienda promedio durante 12 horas). Asimismo, profundiza acerca de la importancia de la energía solar en la generación de energía renovable desde las ciudades, con lo que se reduce la huella de carbono, y se obtiene una mayor autonomía y seguridad energética. Aclara que desde el año 2007, la Comisión Europea empezó a desarrollar e implementar políticas alrededor de los sectores renovables, inmobiliarios y de construcción con miras a expandir la cantidad de edificaciones y viviendas con microgeneradores en los techos, recibiendo además el compromiso de las principales empresas en las áreas renovables (Acciona Energía), fotovoltaicas (Q-Cells) y de construcción (CH2M Hill) a nivel mundial; cita

³⁴ TESLA MOTORS. [sitio web]. Powerwall. [Consultado el 01 de Agosto de 2016]. Disponible en: <<https://www.tesla.com/powerwall>>

entre otros ejemplos que reflejan escenarios de viabilidad, el de una planta de General Motors en España con 10 MW de capacidad, con la cual se podría suministrar energía a 4.600 hogares, y que será amortizada en menos de diez años, tras los cuales la energía se obtendría a un relativo costo cero.

En su más reciente investigación publicada en 2014, titulada "La Sociedad de Coste Marginal Cero"³⁵, Jeremy Rifkin sostiene que varios analistas del sector de la energía renovable proyectan que para el año 2030, la tecnología captadora de energía solar será tan barata como lo son hoy los ordenadores portátiles y teléfonos móviles, llegando a costar la mitad de lo que cuesta la electricidad generada con carbón hoy en día, esto gracias a la curva de crecimiento exponencial que está experimentando la tecnología solar y a que, según estudios publicados por la revista *Scientific American*, se está expandiendo de manera similar a como lo hacen las tecnologías del campo de la informática, especialmente en el área de los microprocesadores, los cuales evolucionan bajo la Ley de Moore pues duplican su capacidad de procesamiento mientras reducen su tamaño y coste. En el caso de las células fotovoltaicas, el precio se está reduciendo cerca de 20% cada vez que se dobla la capacidad que puede generar, captando cada vez más energía a un menor costo.

Un ejemplo de difusión de la tecnología solar y eólica que utiliza Rifkin es Alemania, la cual se espera incremente la cantidad de electricidad generada con energías verdes de 23% (en 2013) a 35% en el 2020. También cita un estudio del Energy Watch Group, en donde se estima que la cuota de mercado de las nuevas instalaciones de generación de energía solar y eólica cubrirán el 50% del total de la cuota del mercado energético para el 2033, estudio que en su cálculo más optimista predice la misma participación pero para el año 2017. Todo ese avance se debe, aclara, a las primas que otorgan los Estados para el vertimiento de la energía verde en las redes eléctricas, y que han demostrado ser una estrategia que funciona como un instrumento político definitivo para lograr un incremento en la cantidad de instalaciones impulsadas por energía verde, dado que el 87% de la energía verde instalada (a 2014) se deben al estímulo que generan estas primas. Este tipo de estímulos han generado la aparición de diferentes modelos empresariales que aprovechan desde el autoconsumo hasta la formulación y ejecución de proyectos para vender los excedentes a la red, así como la gestión y operación del sistema, para adaptar al portafolio de negocios diferentes ofertas conforme se estimula desde la política el crecimiento del mercado, beneficiando tanto a grandes como a pequeños empresarios.

³⁵ RIFKIN, Jeremy. La Sociedad de Coste Marginal Cero: el Internet de las Cosas, los Bienes Comunes y el Eclipse del Capitalismo. Estados Unidos: Paidós, 2014.

Por otra parte, uno de los economistas más reconocidos de los últimos años gracias a sus investigaciones en torno a la acumulación y distribución de la riqueza, Thomas Piketty, consignó entre otras cosas, en su más reciente libro (2013) titulado "El Capital en el siglo XXI"³⁶, sus resultados de investigación acerca del cambio climático y el capital público. En este caso, toma en cuenta la posibilidad de un peligroso deterioro del capital natural de la humanidad en el siglo venidero y de cómo esto podría suponer la pérdida de decenas de puntos del PIB mundial por año, considerando que se pierdan conservadoramente del 1 al 1,5 por ciento cada año. Al respecto, concluye que la pérdida de bienestar global presentado en este caso, justifica el gasto necesario para intentar mitigar el cambio climático, el cual sería de alrededor de 5 puntos del PIB mundial al año. También considera a Europa, China y Estados Unidos, como los sistemas políticos con mayor prospectiva a generar un ambiente de cambio, donde resalta que Europa mantiene una discusión alrededor del "estímulo ecológico" que le ha funcionado bien y muchas personas ven en la creación de un mercado impulsado con energías renovables una salida al clima económico sombrío de hoy.

El debate que propone Piketty en torno a las energías renovables es acerca de que la deuda pública no es la principal preocupación del mundo, sino lograr incrementar lo más urgentemente posible el capital educativo evitando al tiempo la degradación del capital natural que queda. Esta cuestión le despierta otras preguntas como en qué invertir, en cómo se deben organizar las personas, en los tipos de reglamentación para definir la propiedad privada y pública en los proyectos mixtos, y en si se confía en los avances científicos de las energías renovables o si se debe restringir el consumo de hidrocarburos desde ahora. En uno de sus apartados finales determina como uno de los mejores usos, así como más nuevos y útiles para emplear el capital ante el despilfarro y la mala gestión, a la generación de energía por medio de paneles fotovoltaicos en los tejados, seguido de las tecnologías electrónicas y la robótica.

Posterior a la revisión bibliográfica, una consulta de tesis y trabajos de grado obtenidos de diversas bases de datos en busca de investigaciones que entre sus objetivos hayan trazado establecer los factores que determinan la competitividad de la industria solar en Colombia, no se encontró ninguna coincidencia. Sin embargo, se hallaron algunos trabajos relacionados con competitividad o con el sector solar, éstos son trabajos de grado de pregrado, maestría y diferentes publicaciones indexadas de investigaciones que están relacionadas con los temas de este estudio:

³⁶ PIKETTY, Thomas. El Capital en el Siglo XXI. Traducido por Arthur Goldhammer. Londres: Cambridge, 2014.

Tabla 1. Lista de Trabajos de Grado, Artículos y Documentos consultados

Entidad	Título	Resumen	Archivo	Autor (es)	Año
Universidad Industrial de Santander; Escuela de Economía	Combustibles Fósiles; Análisis, Impactos y Alternativas, Estudio para el Caso Colombiano	Las estadísticas indican que a excepción del carbón, el petróleo y el gas están entrando a lo que los geólogos denominan "el cenit", provocado por el alto consumo de los mismos, que a su vez genera caos económico vía precios. Peligroso para el caso colombiano cuya dependencia del sector hidrocarburos es tan importante. La alternativa para el sistema energético esta en las energías renovables, principalmente la energía solar y eólica.	Trabajo de grado	León, Andrés. Nuñez, Elia.	2010
Universidad Industrial de Santander; Escuela de Economía	Ciudad y Petróleo. Un Análisis de la Influencia de la Industria del Petróleo en las Transformaciones de la Ciudad de Barrancabermeja (2000-2009)	Aunque la economía se desarrolle de forma vigorosa en una ciudad que depende de los recursos naturales no renovables, no implica que exista un desarrollo económico local y social que sea sostenible en una línea de tiempo a largo plazo, por tal razón es necesario implementar políticas de desarrollo local enfocadas en desarrollar las capacidades implícitas del territorio.	Trabajo de grado	Tinjacá, Nelson. Alvarez, Julio.	2012
Universidad Industrial de Santander; Escuela de Economía	Análisis de la Inclusión y Participación de Grupos Indígenas en el Desarrollo de Proyectos de Fuentes de Energía Renovable	Se recomienda fortalecer las instituciones de vigilancia de los procesos de consulta con las comunidades indígenas, garantizar una mejor distribución de los beneficios de los proyectos energéticos dentro de las comunidades afectadas e implementar en mayor medida proyectos de energía renovable no convencionales que representen un bajo impacto ambiental y social.	Trabajo de grado	Martínez, Luis.	2014
Universidad Industrial de Santander; Escuela de Economía	Energización de las Zonas No Interconectadas a Partir de Energía Solar, un Análisis Comparativo Para el Caso Colombiano.	El modelo de gestión conveniente para la implementación de unidades fotovoltaicas para la generación de energía eléctrica en las ZNI del país es uno que tenga fondos propios de los usuarios, con endeudamiento del usuario y subvenciones del FAZNI-FNR y el GEF, donde el usuario pague una cuota inicial, luego una tarifa fija, hasta pagar por completo el Sistema Fotovoltaico. La donación y el Estado le subsidiarían una parte y le financian la otra parte, realizándose entonces una venta de equipo, donde la gestión del servicio la realizarán empresas locales con veeduría y regulación gubernamental, siendo los equipos propiedad del usuario.	Trabajo de grado	Jaimes, Leydi. Sanchez, Jhon.	2014
Universidad Industrial de Santander; Escuela de Economía	Son Favorables las Energías Renovables para su Implementación? Un Análisis Energético de los Recursos en el Departamento de Antioquia.	Las Fuentes de Energía Renovable que presentan el mejor rendimiento para su implementación masiva en el futuro próximo, son las pequeñas centrales hidroeléctricas, por ser competitiva en su bajo coste por kilovatio hora producido y su facilidad de adaptarse al Sistema de Interconexión Nacional. Sin embargo la energía solar es la que está llamada a ser la fuente de electricidad útil para el departamento y la nación.	Trabajo de grado	Agala, Gersson. Rodríguez, Angelica.	2014
Universidad Industrial de Santander; Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones	Identificación de Soluciones Tecnológicas de Vanguardia para el Diseño e Implementación de Sistemas Fotovoltaicos	En Colombia el 25% de las empresas ofertan dispositivos fotovoltaicos de ultima generación y las políticas energéticas de cara a los Sistemas Fotovoltaicos son emergentes, además la tecnología fotovoltaica en el largo plazo no está incluida en el plan de Expansión Referencia Generación de la UPME para la interconexión al SIN, estimándose un aumento en sus aplicaciones para abastecer demandas en las ZNI.	Trabajo de grado	Ospino, Ronald. Cartagena, Diego.	2015
Universidad Industrial de Santander; Escuela de Ingeniería Química	Análisis de Sustentabilidad Ambiental de Tecnologías de Generación Eléctrica a Partir de Fuentes Renovables de Energía para Zonas No Interconectadas de Colombia Mediante el Uso de Lógica Difusa.	Se emplea la lógica difusa debido a que facilita el manejo de información y evaluación de lo encontrado en la literatura, por medio de ese método se compara y elige la mejor alternativa sustentable desde el punto de vista ambiental. El resultado indica que los paneles fotovoltaicos son la mejor alternativa para los departamentos de Arauca, Casanare, Guainía, Meta y Vichada.	Trabajo de grado	Medina, Harvey. Pimiento, Libardo.	2014
Universidad Industrial de Santander; Escuela de Ingeniería Química	Estimación del Potencial Técnico Energético de Recursos Renovables en Zonas No Interconectadas de Colombia, Utilizando Sistemas de Información Geográfica, SIG-Casos de Estudio.	Se realiza lo que describe el título del estudio para los departamentos de Nariño, Choco, Putumayo y Meta, utilizando bases de datos de la NASA, IDEAM, AGRONET y el software ArcGIS. Se concluye que el recurso hídrico, solar y la biomasa pueden ser utilizados en la generación de energía en los cuatro departamentos, debido a la abundancia de estos recursos y los altos potenciales obtenidos. El recurso eólico no es viable debido a las bajas velocidades del viento.	Trabajo de grado	Araque, Julián. Blanco, Francj.	2015

Entidad	Título	Resumen	Archivo	Autor (es)	Año
Universidad Nacional de Colombia ; Departamento de las Ciencias de la Computación y la Decisión	Políticas para la Autogestión de Electricidad en el Sector Residencial Urbano de Colombia	La autogestión de electricidad permite integrar todas las técnicas del lado del consumidor para la reducción de demanda de electricidad. Las políticas sugeridas en el trabajo arrojan un resultado efectivo para fomentar la penetración de la autogestión de electricidad en el sector residencial de Colombia, que aún sin la implementación de políticas en el país, está a puertas de un cambio inminente en la forma en la que se concibe el suministro de energía y su gestión.	Tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas	Zapata, Manuela.	2014
Universidad Nacional de Colombia ; Departamento de las Ciencias de la Computación y la Decisión	Modelamiento y Simulación de Curvas de Aprendizaje para Tecnologías de Energía Renovable en Colombia	Se presenta un estudio de curvas de aprendizaje aplicado a pequeñas centrales hidroeléctricas en Colombia. Tras las simulaciones realizadas se concluyó que excluir los efectos de Aprender-Haciendo puede subestimar la rentabilidad de la tecnología, y que además los incentivos técnicos son los más eficientes para acelerar la difusión de la energía renovable e incrementar la rentabilidad, mientras que los incentivos ambientales son los menos efectivos.	Tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas	Arias, Jessica	2014
Universidad Nacional de Colombia ; Departamento de las Ciencias de la Computación y la Decisión	Caracterización y Evaluación Económica para la Inversión en Plantas Menores a 20 MW Conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia a Partir de Fuentes de Energías Renovables Eólica y Solar	El estudio indica que la inversión inicial para la construcción de una instalación fotovoltaica es superior al costo de un parque eólico en la misma ubicación y con la misma capacidad instalada y, esta condición sumada a que la generación durante el día es menor dado que depende de la incidencia solar y de las horas de sol, hace que la instalación fotovoltaica no sea económicamente viable.	Tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas Energéticos	Buendía, Angela	2014
Universidad Autónoma de México	El Proceso de Competitividad Empresarial en Pymes	Explora la literatura existente y aporta un esquema que muestra el proceso de la competitividad empresarial enfocado especialmente a las PyMES. Enfocado en cuatro apartados: Determinantes de la competitividad; Ventaja Competitiva; Recursos y Capacidades y Estrategias Competitivas.	Artículo	Demuner, María, Aguilera, María, Hernández, Alejandro.	2010
Universidad Autónoma de Baja California	Modelo de Competitividad Basado en el Conocimiento: El Caso de las Pymes del Sector de Tecnologías de Información en Baja California	Las variables de estudio: capital intelectual, inteligencia empresarial y agrupamiento sectorial, tienen entre sí una alta correlación lo cual impacta en la competitividad de las empresas del sector de TI en Baja California. El capital intelectual, que se conforma de los activos intangibles que generan y transfieren el conocimiento entre los empleados y la empresa, son de mayor impacto en el desarrollo de este sector, puesto que los productos producidos tienen un mayor componente fundamentado en el manejo de conocimiento.	Artículo	Ahumada, Eduardo, Et. al.	2012
Esic Market Economic and Business Journal	Determinantes de la Competitividad Internacional en la Industria Farmacéutica	Es un estudio llevado a cabo a nivel internacional, que utiliza el modelo de la competitividad de Michael Porter (Diamante de Porter) y operacionalizado con los índices de Competitividad Global del World Economic Forum. A través de un análisis discriminante, identifica 32 factores determinantes. Los resultados sugieren que las empresas farmacéuticas internacionales toman en consideración la dotación de factores que tiene un país sobre cualquier otra variable de competitividad. Se detallan en el estudio las implicaciones para las empresas de la industria farmacéutica como para la política de	Artículo	Díaz, Gabriel, Sosa, Juan.	2012
Renewable Energy: An International Journal	Re-Considering the Economics of Photovoltaic Power	Los obstáculos que rezagan la expansión de la tecnología FV son numerosas e incluyen: el ritmo tan rápido en las reducciones de los precios FV, la persistencia de la información desactualizada que sigue siendo diseñada (ocasionalmente por aquellos con un interés en nublar la discusión), los conceptos erróneos y la ambigüedad que rodea varias de las mediciones y conceptos empleados frecuentemente en la industria FV, y las ambigüedades acerca de los costos FV subyacentes debido a las numerosas medidas en políticas de apoyo que se han puesto en marcha en la última década.	Artículo	Bazilian, Morgan, Et al.	2013
Journal of Renewable and Sustainable Energy	A Hierarchical-Network-Model Based Analysis of the Market Characteristics of China's Photovoltaic Enterprises	Desde una nueva perspectiva para construir un modelo de red jerárquico, utilizando la técnica de árbol de expansión mínima (MST), fueron investigadas las características de mercado de las empresas FV en China. Con el análisis de la topología de la red jerárquica, las estructuras comunitarias de la red son derivadas y algunas empresas influyentes son identificadas. Concluye con que es necesario para las empresas FV conectarse profundamente y cooperar unas con otras para hacer frente al riesgo del mercado.	Artículo	Sun, Mei, Et al.	2014

Entidad	Título	Resumen	Archivo	Autor (es)	Año
Journal of Intercultural Management	Competitiveness Factors of the Candy Industry in San Luis Potosí, México	La información provista en el análisis de las empresas del sector fue dividida en 4 segmentos para poder diferenciar entre los tipos de conexiones individuales para el fortalecimiento de las empresas: conexiones destinadas a fortalecer el acceso a la financiación; los servicios relacionados con la investigación y la transferencia de tecnología; conexiones relacionadas con las organizaciones industriales y comerciales; y las conexiones que pueden ejercer influencia positiva a través de los niveles de gobierno. Seguido se elaboró una tabla donde se muestran 17 acciones identificadas como estratégicas, clasificadas por tipo, nivel de prioridad y tiempo de ejecución necesario para ser implementado.	Artículo	Bednarek, Mariusz, Meri, Juan.	2014
IEEE Journal of Photovoltaics	Economic Measurements of Polysilicon for the Photovoltaic Industry: Market Competition and Manufacturing Competitiveness	Se proporcionan mediciones económicas de la industria del polisilicio tanto en términos de competencia de mercado y competitividad de la producción. Las estimaciones sugieren que la situación de exceso de capacidad de la industria ha sido aliviada mediante la consolidación del mercado, y que ha venido con una mejora de la rentabilidad. Sin embargo los elevados requerimientos de capital de esta industria constituyen una fuerte barrera de entrada para los nuevos competidores.	Artículo	Fu, Ran, James, Ted, Woodhouse, Michael.	2015
Renewable and Sustainable Energy Reviews	Barriers to the Adoption of Photovoltaics Systems: The State of the Art	La extensa adopción de los sistemas FV como un sustituto de otros sistemas de generación de energía eléctrica en áreas urbanas o rurales es un proceso desafiante. Los resultados muestran que las barreras son evidentes para las personas tanto de niveles de ingresos económicos bajos como altos. El involucramiento de todas las partes interesadas: quienes implementan la tecnología, las comunidades locales, las empresas, las organizaciones internacionales, las instituciones financieras y el gobierno, es crucial para fomentar la adopción de estos sistemas.	Artículo	Karakaya, Emrah, Sriwannawit, Pranpreya.	2015

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Conforme se hacen más conocidos los efectos que tienen los combustibles fósiles en torno al calentamiento global, la desigualdad económica, la contaminación del agua y del aire, la inseguridad energética, entre muchos otros, se sigue haciendo visible la oportunidad que las energías renovables representan para cambiar la estructura energética del mundo. Entre estas tecnologías sobresale la energía solar, la cual se ha convertido en la mayor generadora de empleo a nivel mundial, creciendo a tasas del 50% en los últimos años, a la par, recibe más de la mitad de las inversiones destinadas a las energías renovables, y la que se espera siga creciendo y expandiéndose exponencialmente al menos hasta el 2050.

En Colombia estas tecnologías no han pasado desapercibidas, a pesar de que no se les ha dado la importancia que merecen, esto puede verse reflejado en la demora experimentada en los procesos de reglamentación y normalización de la Ley 1715 de 2014 que pretende impulsar el desarrollo de proyectos de energía renovable. No obstante, en los años recientes se ha visto un incremento no solo en los proyectos ejecutados, gracias a la drástica disminución de precios de estos componentes que experimenta el mercado, sino también en la cantidad de empresas involucradas en la industria que se expande cada año, pasando de 29 en 2014 a 79 en 2016, y donde la capacidad instalada pasó de 9 MW en 2010 a más de 500 MW en 2016.³⁷ Un crecimiento de la industria solar en Colombia sin precedentes. Este comportamiento advierte acerca de la formación de una

³⁷ Cálculos del autor en base a información recopilada del SGI&C. 2016. Op.cit.

industria alrededor de la energía solar en crecimiento y que puede convertirse en un sector estratégico para el país si se formulan políticas públicas y estrategias empresariales basadas en el conocimiento del entorno y del interior de este tipo de compañías. Sin embargo, en este momento no hay investigaciones que se fijan en los factores claves que estimulan el crecimiento y expansión de esta industria, lo que constituye una debilidad a la hora de entender el sector para abordarlo, bien sea desde la política o desde las mismas empresas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

A raíz de la necesidad de diversificar el sistema energético actual con el fin de contribuir a la reducción de emisiones nocivas que acrecientan el cambio climático, se concibe a la energía fotovoltaica como una de las opciones más atractivas y viables tecnológicamente. El incremento de la capacidad instalada por este medio ocurre gracias a la mejor gestión desde las empresas que hacen parte del sector y su nivel de competitividad frente al resto del mercado. De acuerdo a lo anterior, determinar los factores que influyen la competitividad de este tipo de empresas en Colombia es clave para desarrollar mejores planes de gestión en busca de crecimiento y mejores resultados tanto en el sector empresarial como en la lucha contra el cambio climático y la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible del país.

Por otro lado, aunque ya se han realizado aportes en los campos de la energía fotovoltaica, no se ha realizado aún una investigación alrededor de los determinantes de la competitividad en este sector. El propósito de este trabajo es analizar algunas metodologías y modelos que se utilizan para identificar los factores más importantes que promueven la competitividad en los diferentes niveles meta, meso, macro y micro, que permitan obtener con una visión sistemática una comprensión holística del sector solar en Colombia, con la cual se pueda construir un modelo apropiado, que analice el desempeño competitivo de las empresas del sector solar en Colombia. Por ello, esta investigación podría considerarse relevante, dado que busca presentar una metodología para medir el grado de funcionalidad de una actividad productiva, que conforme con las características de localización y geografía del país podría llegar a ser estratégica para su futuro energético.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Delimitación temporal:

Esta investigación pretende realizar una recopilación de datos e información que permitan establecer cuáles han sido los factores que desde el año 2010 han determinado la competitividad de las empresas de la industria solar en Colombia.

Principalmente porque desde ese año se ha llevado a cabo por parte del gobierno nacional, a través del SGI&C, una recolección de datos del sector mucho más dinámica y organizada.

1.3.2 Delimitación espacial:

De forma general esta investigación tratará de determinar los factores que influyen en la competitividad de las empresas de la industria solar en todo Colombia, asimismo se realizarán las apreciaciones sobre particularidades de algunos departamentos en torno a esta industria cuando corresponda y de ejemplos internacionales para comparar.

1.3.3 Preguntas de investigación:

¿Cuáles son los departamentos y municipios con mayor capacidad instalada en energía solar?

¿Qué tipo de iniciativas (privadas, públicas, mixtas) son las que llevan a cabo la ejecución de proyectos solares?

¿Cuáles son las empresas con más proyectos registrados y en funcionamiento en Colombia?

¿Con qué tipo de financiación se están llevando a cabo los proyectos solares?

¿Qué tipo de conexiones tienen los proyectos vigentes (ZNI, Aislado del SIN, Conectado al SIN)?

¿Cuántos proyectos de Investigación y Desarrollo alrededor de la energía solar se han llevado a cabo en Colombia?

¿En qué departamentos y municipios están registrados los proyectos más ambiciosos a ejecutarse en los próximos 5 años?

¿Cómo es la dinámica de mercado entre los proveedores de materias primas y las empresas solares?

¿Qué tipo de portafolios de productos manejan las empresas solares en Colombia?

¿Existen alianzas en la industria solar? ¿De qué tipo? ¿Cómo influye eso en la competitividad?

1.3.4 Hipótesis:

- Debido a que en la tesis se intentan determinar los factores que afectan la competitividad de las empresas fotovoltaicas en Colombia, la hipótesis principal planteada en este caso es que existen factores externos e internos que afectan la competitividad de las empresas fotovoltaicas, y en algunos casos hay variables que los gerentes no pueden controlar, dificultando la supervivencia de las compañías.

Las otras dos hipótesis que se plantean son:

- La falta de acceso al financiamiento o el difícil acceso para obtenerlo, limita el desarrollo de este tipo de empresas.
- El gobierno forma una parte fundamental en la competitividad de las empresas solares.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General:

Determinar cuáles variables inciden en la competitividad de la industria solar en Colombia.

1.4.2 Específicos:

- Establecer cuáles son los departamentos de mayor, intermedia y menor competitividad en la industria fotovoltaica.
- Determinar los factores que condicionan la localización y la competitividad del sector fotovoltaico en Colombia.
- Evaluar si el modelo de competitividad de Michael Porter puede explicar el nivel de competitividad del sector fotovoltaico en Colombia.
- Establecer si el fácil acceso al financiamiento impulsa la competitividad del sector solar en Colombia.
- Determinar si las alianzas que tienen las empresas de la industria solar influyen en la mejora o viceversa de la competitividad.

1.5 METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta que los determinantes de competitividad deben entenderse como factores de tipo micro y macroeconómico y, otros externos inherentes al mismo sistema económico que afectan de diferentes maneras a las empresas, estando unos bajo su control y otros fuera de su alcance, no basta con un solo análisis cuantitativo para poder tener una visión más completa de los determinantes del sector estudiado.

Es por esta razón que se procurará hacer un análisis sistémico de la competitividad del sector solar, valiéndose para ello del modelo del Diamante de Porter, y de comparaciones con países de características similares y de referencia, basado en indicadores desarrollados por el Foro Económico Mundial, y acompañado de apreciaciones de los campos Macroeconómico (política monetaria, presupuestaria, fiscal, comercial, de competencia y cambiaria), Mesoconómico (política de exportaciones e importaciones, de infraestructura física, educacional, tecnológica, de desarrollo industrial, regional y

medioambiental) y Metaeconómico (patrones básicos de organización política, jurídica , económica y factores socioculturales), que permitan obtener unas conclusiones holísticas y con un menor sesgo, sobre la industria y sus dinámicas con toda la economía, en este caso el papel del azar será excluido, debido a la dificultad que representa predecir lo que pasara en el futuro.

1.5.1 Recolección de datos

Este estudio está basado en datos secundarios, divididos en cuantitativos y cualitativos. Los primeros se recolectaron de un conjunto de fuentes nacionales oficiales y semioficiales, como la UPME, el SGI&C, la CREG, el IPSE y XM; y de fuentes internacionales oficiales y suboficiales como la IEA, OCDE, ONU, IRENA, REN21 y el Reporte de Competitividad Global 2016-2017, elaborado por el Foro Económico Mundial.

2. MARCO TEÓRICO

El concepto de competitividad se flexibiliza conforme cambian las características del entorno, sin embargo, parece que unas de las definiciones que más se acercan a todos los contextos son las que brinda Porter y Kramer³⁸: "La competitividad se define como la capacidad de generar una mayor producción y/o mayor calidad al menor costo posible; y es una cualidad de las empresas, no de los países. La determinan cuatro atributos fundamentales: condiciones de los factores; condiciones de la demanda; industrias conexas y de apoyo; y estrategia, estructura y rivalidad de las empresas. La interacción de estos factores explican el por qué las empresas innovan y se mantienen competitivas".³⁹ Y las que tienen en cuenta los enfoques sobre la rentabilidad creciente y las cuotas de mercado, bajo los cuales, la competitividad es la capacidad de hacer frente a la competencia con otras entidades, manteniendo e incrementando la cuota de mercado, así como adquiriendo beneficios apropiados en relación con los anteriores. A lo que vale la pena resaltar, que en ambos casos requiere esfuerzos desde la escala micro hasta macroeconómica, por ello la competitividad es una responsabilidad interrelacionada e interdependiente, involucrando a la sociedad, el gobierno, las compañías, instituciones, y al resto de agentes que de una u otra forma influyen.

En cuanto al desarrollo teórico para identificar los determinantes de la competitividad, se puede decir que es extenso y parece ser enriquecido cada día. Se remonta a Adam Smith⁴⁰ quien resaltó el papel de la especialización y división del trabajo; a Alfred Weber,⁴¹ que reconoció las ventajas de la aglomeración de las empresas para reducir costos; a Alfred Marshall,⁴² que enfatizó sobre el papel de la vinculación empresarial para promover una "atmósfera industrial"; a Rostow,⁴³ quien defendió el papel del sector industrial como un promotor de desarrollo; a Schumpeter⁴⁴ que resaltó el papel de la inversión y la infraestructura en el desarrollo mientras que Heckscher-Ohlin⁴⁵ consideraba el papel de las ventajas comparativas en el comercio internacional como el principio a través del cual todos

³⁸ PORTER, Michael y KRAMER, Mark. *The Competitive Advantage of Corporate Philanthropy*. Harvard Business Review. 2002.

³⁹ AHUMADA, Eduardo, et al. *Modelo de Competitividad Basado en el Conocimiento: el Caso de las Pymes del Sector de Tecnologías de Información en Baja California*. En: *Revista Internacional Administración & Finanzas*. 2012. vol. 5, no. 4.

⁴⁰ SMITH, Adam. *Investigación sobre la Naturaleza y causas de la Riqueza de las Naciones*. México: Fondo de Cultura Económica, 1997.

⁴¹ WEBER, Alfred. *The Theory of the Location of Industries*, Translated with Introduction and notes by C. J. Friederich. Estados Unidos: University of Chicago Press, 1929.

⁴² MARSHALL, Alfred. *Industry and Trade*. London: Macmillan and Co, 1909.

⁴³ ROSTOW, Walt. *Las Etapas del Crecimiento Económico: Un Manifiesto No Comunista*. México: Fondo de Cultura Económica, 1963.

⁴⁴ SCHUMPETER, Joseph. *Capitalismo, Socialismo y Democracia*. Traducido por José Díaz. Barcelona: Página Indómita, 2015. vol. 1.

⁴⁵ KRUGMAN, Paul; OBSTFELD, Maurice y MELITZ, Marc. *Economía Internacional: Teoría y Política*. 9 ed. Madrid: Pearson Educación, 2012.

los países ganan. Otros autores reconocen el papel de la educación, el desarrollo tecnológico, los servicios públicos, etc. Más recientemente, Michael Porter⁴⁶ propuso una teoría sistematizada (modelos) para empresas, soportada en el papel de la innovación y en la integración vertical-horizontal de las empresas (entre otros aspectos) como estrategias para acercarse más a niveles competitivos. Y es este último precisamente quien ha revolucionado el estudio de la competitividad, ofreciendo nuevas técnicas y metodologías de medición y análisis.

La teoría desarrollada desde entonces alrededor de los determinantes de la competitividad se recopila muy bien en la investigación "El Proceso de Competitividad Empresarial en Pymes", hecha por la Universidad Autónoma de México,⁴⁷ donde se organizan los determinantes de competitividad considerados por la OCDE, Porter, la CEPAL, entre otros estudios empíricos, basados en la Teoría de la ventaja competitiva y la Teoría de recursos y capacidades. Al final realiza un compilado de variables tenidas en cuenta por los diversos autores e instituciones, arrojando 11 variables que determinan la competitividad en las PYMES.

Para este trabajo en particular, se emplea la teoría del diamante de Porter,⁴⁸ la cual permite revelar de forma práctica, los principales aspectos que explican el nivel de competitividad del sector Solar. En la competitividad nacional este modelo ha sido ampliamente utilizado para determinar los factores que tienen las naciones, y que son favorables para una industria dada en un país dado, que también llevan al éxito a las firmas individuales a nivel local e internacional. Las condiciones de los factores, condiciones de la demanda, las industrias relacionadas y de soporte, y las estrategias, estructuras y rivalidad de las empresas son determinantes en la competitividad nacional, son influenciadas por el gobierno y el azar. Este trabajo ha utilizado la teoría del diamante de Porter para que posterior al análisis conjunto de los determinantes, se pueda establecer en cuáles aspectos el país cuenta con avances y en cuáles existen rezagos que inhiben el crecimiento.

No obstante, el análisis que se realice estaría incompleto si no se tiene en cuenta el rol que desempeñan las instituciones. El profesor Eduardo Wiesner, a principios de los 90 ofreció un análisis neoinstitucional del sector eléctrico colombiano, el cual aún después de 15 años permanece vigente, en éste resalta la importancia del papel que ejerce la estructura institucional y la competencia del sector,

⁴⁶ PORTER, Michael. La Ventaja Competitiva de las Naciones. Buenos Aires: Javier Vergara Editor, 1991.

⁴⁷ DEMUNER, María. AGUILERA, María y HERNÁNDEZ, Alejandro. El proceso de competitividad empresarial en PYMES. Universidad Autónoma de México: Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad (SINNCO), 2010.

⁴⁸ PORTER. Op. cit.

advierte que para alcanzar las metas del entonces vigente Plan de Desarrollo y del Plan Energético Nacional, era necesario fomentar la competencia entre energéticos y entre las empresas que los suministran, además de construir una estructura institucional adecuada para hacer frente a los cambios en el sector. Por lo anterior recomienda evaluar continuamente las políticas o reglas de juego, y de esta forma poder redefinirlas al tiempo que se perciben los cambios, por ejemplo, para poder "*determinar si la participación del capital privado en el sector energético se está presentando según los planes o corresponde al Estado reasumir algunas inversiones*".⁴⁹

⁴⁹ WIESNER, Eduardo. La efectividad de las políticas públicas en Colombia: Un análisis neoinstitucional. 1 ed. Bogotá: Tercer Mundo Editores: Departamento Nacional de Planeación, 1997. p. 232.

3. MERCADO ENERGÉTICO

3.1 Mercado Energético Mundial

A raíz de la alta dependencia de la economía mundial a los combustibles fósiles que ha derivado en consecuencias ambientales, sociales y económicas, diversas instituciones apoyan un cambio en el consumo y en el estilo de vida que lleve a la reducción de emisiones de GEI y a un cambio estructural del sistema energético, por ejemplo, la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) recomienda reducir la generación de electricidad a partir de fuentes fósiles, de un 70% en el 2015, y a un 20% en el 2050 si se quiere evitar un calentamiento global mayor a 2°C,⁵⁰ en este escenario las energías renovables juegan un rol fundamental para mantener el equilibrio del mercado energético, llenando las necesidades de la creciente demanda.

3.1.1 Mercado Energético Renovable Mundial

Según el reporte del estado global de las energías renovables 2016 elaborado por la Red de Políticas de Energías Renovables para el siglo XXI (REN21), el sector energético renovable ha experimentado el mayor crecimiento anual en capacidad instalada de todos los tiempos, en donde la energía eólica y la energía solar fotovoltaica (FV) han tenido un crecimiento record por segundo año consecutivo, incrementando este tipo de instalaciones en un 77%. La preocupación política de algunos países, la rápida reducción de los costos y el cambiante contexto de la industria eléctrica ha llevado a que el mundo añada hoy una mayor capacidad energética renovable anualmente de lo que añade con todos los combustibles fósiles combinados⁵¹, de hecho para el 2015 la tasa de crecimiento de la capacidad instalada en energía renovable fue la más alta en toda la historia (8.3%)⁵², instalándose un total de 147 gigawatts (GW) adicionales a lo largo del año⁵³; esto en parte es un reflejo del incremento de la tasa de nuevas inversiones en proyectos de energías y combustibles renovables (5%) en el 2015, invirtiéndose en total USD 285 billones, más del doble de la inversión en fuentes de energía fósiles (USD 130 billones)⁵⁴.

La difusión de estas tecnologías ha hecho que para finales del 2015, el 23,7% del total de electricidad producida en el mundo provenga de las energías renovables, para lo cual la energía Hidroeléctrica aportó aproximadamente el 70% de la capacidad total que se generó durante el año, siendo por ello la tecnología renovable que más contribuye con la generación de electricidad por delante de la

⁵⁰ IEA. Energy Technology Perspectives 2014. Harnessing Electricity's Potential. 2014. p.10.

⁵¹ REN21. Renewables 2016. Global Status Report. Op. cit., p. 7.

⁵² IRENA. Renewable energy highlights. 2016.

⁵³ REN21. Renewables 2016. Global Status Report. Op. cit., p. 6.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 12.

energía eólica y solar.⁵⁵ Estos datos de crecimiento del sector también contrastan con la tasa de incremento del empleo en el sector de energías renovables a nivel global, que para el 2015 fue de 5%, (el sector de energías renovables ha llegado a emplear aproximadamente a 8.1 millones de personas),⁵⁶ este crecimiento ocurre durante un año en que el desempleo global sigue aumentando y se prevé siga incrementándose hasta en 2,3 millones para el 2016, con lo que habrá un total de 199,4 millones de desempleados en el mundo para el 2016.⁵⁷

Los datos y cifras mencionadas anteriormente acerca del comportamiento del sector de energías renovables demuestran el buen momento y las expectativas positivas que este sector genera para la economía. El hecho de que este escenario se dé además en medio de los fluctuantes precios globales de los combustibles fósiles y los subsidios en curso, problemas como la política y su inestabilidad, obstáculos normativos y limitaciones fiscales, reafirman la trascendencia que está teniendo este sector en la reconfiguración del modelo energético mundial, y permite entrever los beneficios en materia de empleo, seguridad energética y reducción en las emisiones de carbono, entre otros, que traería consigo para los países que estimulen el crecimiento y competitividad de las empresas que difunden estas tecnologías.

3.1.2 Mercado Energético Solar Mundial

En cuanto a la energía solar, además de las apreciaciones hechas en el capítulo inicial acerca de las características de este recurso, del protagonismo que ha tenido en el mercado de energías renovables, del empleo generado y de algunas perspectivas de la demanda a futuro, etc., vale la pena resaltar sus características tecnológicas, sus variadas aplicaciones, los logros de algunos países en este sector, y otros datos de interés acerca de la industria.

Empezando se debe comprender un hecho fundamental, para aprovechar la energía solar existen dos tecnologías actualmente, la térmica y la fotovoltaica, estas se diferencian en las propiedades del sol que utilizan y el fin para el que generalmente se emplean. Por un lado la energía solar térmica utiliza espejos y/o colectores solares para concentrar la luz del sol, que después es utilizada como fuente de calor principalmente para calentar agua sanitaria, precalentar agua para procesos industriales, climatizar piscinas, y en menor medida para producir energía mecánica y a partir de ella energía eléctrica, mientras que la energía FV aprovecha la radiación electromagnética contenida en el espectro de la luz solar

⁵⁵ *Ibid.*, p. 18.

⁵⁶ IRENA, *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2016*. Op. cit., p. 2.

⁵⁷ ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. [sitio web]. OIT. Se prevé un aumento del desempleo mundial en 2016 y 2017. [Consultado el 28 de Agosto de 2016]. Disponible en: <http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_444114/lang--es/index.htm>

por medio de ciertos materiales semiconductores, principalmente a partir de silicio, contenidos en lo que se denominan células FV, las cuales se conectan y forman lo que se conoce como módulos FV, que cuando se aíslan dentro de una cubierta protectora usualmente de vidrio conforman los paneles solares FV,⁵⁸ estos se emplean junto con otros componentes para producir energía eléctrica, convirtiéndose en una opción de suministro de energía renovable para aplicaciones de electrificación rural y urbana.⁵⁹

Vale la pena resaltar que entre estos segmentos, es el de la energía solar FV, el que aporta la mayor cantidad de empleos a la industria, con un crecimiento de 11% en el 2015 ha llegado a emplear a 2.8 millones de personas frente a las 940 mil personas que emplea la energía solar térmica a nivel mundial⁶⁰.

De hecho, entre las dos tecnologías solares, la tecnología FV ha mostrado un desempeño mucho mayor que la tecnología térmica cuando de transformar la energía solar en energía eléctrica se trata. Este atributo de la tecnología FV junto con la predilección del mundo moderno por la energía eléctrica sobre los otros tipos de energía, ha impulsado su desarrollo y crecimiento, esta situación en ambientes con precios competitivos ha generado el desplazamiento de las plantas térmicas operadas con combustibles fósiles, considerando que las emisiones asociadas son del orden de 50 kg CO₂ eq/MWh para las plantas FV, frente a valores sobre los 450 kg CO₂ eq/MWh para las plantas fósiles.⁶¹ Gracias a las anteriores ventajas la energía FV ha logrado convertirse en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel mundial, detrás de las energías hidroeléctrica y eólica, alcanzando un acumulado de capacidad instalada para el 2015 de 227 GW a nivel mundial, que comparado con las 4.8 GW que alcanzo a acumular la energía solar térmica, hacen a la tecnología FV 47 veces más difundida que la solar térmica en el campo de la generación de energía eléctrica⁶².

Los datos recopilados por diferentes organizaciones sobre el estado del mercado solar FV en diversos países, arrojan conclusiones que reflejan la importancia e

⁵⁸ GREENPEACE y EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA). Solar Generation 6. Solar Photovoltaic Electricity Empowering the World. 2011.

⁵⁹ BUENDÍA, Ángela. Caracterización y Evaluación Económica para la Inversión en Plantas Menores a 20 MW Conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia a Partir de Fuentes de Energías Renovables Eólica y Solar. Trabajo de grado Maestría en Ingeniería de Sistemas Energéticos. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de la Computación y la Decisión. 2014. p.32.

⁶⁰ IRENA. Renewable Energy and Jobs Annual Review 2016. Op. cit., p. 2.

⁶¹ NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. [sitio web]. Estados Unidos de América: NREL. Life Cycle Assessment Harmonization Results and Findings. [Consultado el 19 de Agosto de 2016] Disponible en: <http://www.nrel.gov/analysis/sustain_lca_results.html>

⁶² REN21. Renewables 2016. Global Status Report, Op. cit. p.9.

impacto de la energía solar FV sobre la reconfiguración del sector energético, influyendo en la conducta de los hogares, así como en las normas y políticas nacionales y privadas. Por ejemplo, en Estados Unidos, la demanda residencial de sistemas FV creció en 50% por tercer año consecutivo entre el 2013 y el 2015, gracias a la disminución de los precios, así como a un cada vez mayor número de opciones de financiación y propiedad. En el Reino Unido más de 125.000 viviendas pusieron paneles solares en sus techos en el 2014. En Australia alrededor del 14% de las viviendas tienen instalaciones solares en sus techos, y poco más de 15,000 negocios han instalado sistemas solares *in situ*. Se estima que al finalizar el año 2015 países como Italia, Grecia y Alemania alcanzaron a cubrir entre 7 y 8 % de la demanda de electricidad anual con energía solar FV. Latinoamérica a pesar de ser el mercado regional de más rápido crecimiento, presenta un crecimiento desigual entre sus países donde tan solo destacan Chile y México, con una capacidad añadida en 2014 de 395 MW y 64 MW respectivamente. Brasil por otro lado se ha puesto en el radar gracias a la aprobación a finales del 2014 de los primeros contratos de energía solar FV a gran escala que comprenden 31 parques solares, de los cuales esperan tener una capacidad de generación de 1 GW.⁶³ Finalmente, se calcula que la capacidad global de energía solar FV en operación para el 2015 es suficiente para producir al menos 200 TWh de electricidad al año,⁶⁴ para efectos de una mejor interpretación, puede ser una cantidad que alcance para cubrir tres veces la demanda energética anual de un país como Colombia, que para el 2014 consumió alrededor de 63 TWh.⁶⁵

Tal y como se ha mencionado anteriormente, los costos de los módulos FV, principal, pero no único componente de un Sistema Solar FV, han venido reduciéndose drásticamente en los últimos años; el silicio policristalino o polisilicio, material cuya producción era consumida por la industria semiconductora en más de un 80% a principios del año 2000, empezó a convertirse en el material predilecto por los fabricantes de células solares gracias a su abundancia y propiedades físico químicas. De esta manera, entre el 2008 y 2014, alrededor del 70% del polisilicio producido a nivel global fue consumido por la industria solar, esa transformación de la demanda generada por una producción incremental de los módulos FV llevó a una fluctuación dramática de los precios del polisilicio, pasando de US\$ 400/kg en 2008 a US\$ 20/kg en el 2012. Gracias a esto, desde el 2008 la disminución de los precios del polisilicio ha contribuido con la reducción de US\$2,3 por Vatio en el total de los costos de producción de módulos.⁶⁶ Así, entre el 2008 y el 2014 el precio promedio de los módulos de polisilicio disminuyó a una tasa aproximada de 14% año tras año, llevando el precio a USD 0.6/Watt a finales

⁶³ REN21. Renewables 2015. Global Status Report. Op. cit., p.60.

⁶⁴ *Ibid.*, p.61.

⁶⁵ XM S.A. E.S.P. [sitio web]. Bogotá: XM. Demanda de energía 2014. [Consultado el 20 de Septiembre del 2016]. Disponible en: <<http://www.xm.com.co/Pages/DemandaEnergia-2014.aspx>>

⁶⁶ FU, Ran; JAMES, Ted L., y WOODHOUSE, Michael. Op. cit., p. 1.

del 2015. Y en cuanto a la localización de la producción de los módulos, durante la pasada década ha pasado de los Estados Unidos, a Japón, a Europa, y de vuelta a Asia, con China dominando desde el 2009. Para el 2014, Asia contaba con el 87% de la producción global de módulos, con China produciendo el 64% del total mundial, seguida de Europa (8%) y Estados Unidos (2%).⁶⁷

Por otro lado, el segmento de la energía solar térmica, que es empleada principalmente para la producción de agua caliente y de procesos industriales de calefacción y enfriamiento, logro instalar durante el 2013 (después de tener un crecimiento de 1,8% respecto a 2012) una capacidad solar térmica de 55 GW a nivel mundial.⁶⁸ Este tipo de energía emplea una variedad de opciones tecnológicas para su aprovechamiento, que se dividen entre colectores de agua vidriados (de tubos de vacío y de placa plana) y no vidriados, colectores solares de aire y colectores avanzados, cuyas aplicaciones varían según las necesidades del consumidor y de las condiciones climáticas, que van desde la fabricación de textiles hasta el procesamiento de alimentos, entre muchas otras.⁶⁹ Del total de capacidad solar térmica instalada a nivel mundial durante el 2013, el 96,8% de esta (53.3 GW) correspondió a sistemas colectores de agua vidriados, lo restante a sistemas de agua no vidriados (3.1%) y sistemas colectores de aire vidriados y no vidriados (0,1%). Sin embargo, durante el 2014 este mercado desaceleró considerablemente su crecimiento, llegando a instalar un estimado de 33 GW de sistemas colectores de agua vidriado, con lo cual se alcanzó una capacidad operativa termosolar global de 406 GW de energía térmica, en 2014, pero presentando una reducción del 38% en el ritmo de crecimiento de instalaciones con respecto al resultado obtenido en 2013, desaceleración que se mantuvo durante el 2015, año en el que se añadieron 26 MW de este tipo de energía. Los resultados por otra parte muestran que los sistemas domésticos de agua caliente para viviendas familiares se mantienen como el segmento más importante de este mercado, en el cual destacan China, Estados Unidos, Alemania, Turquía y Brasil como los países con mayor capacidad operativa. Por el lado de Latinoamérica, además de Brasil destacan México y Colombia, los cuales han comenzado a jugar un rol en la región, después de haber logrado figurar en el puesto 11 de nuevas instalaciones de capacidad en 2013.⁷⁰

En cuanto a la calidad y los precios de los sistemas, estos varían significativamente de un país a otro, sin embargo, los precios de la tecnología termosolar no han caído tan rápido como los precios de los sistemas FV. En Europa, la industria ha trabajado para reducir el precio final de la tecnología termosolar, mejorando la tecnología existente y desarrollando un fácil sistema de

⁶⁷ REN21. Renewables 2015. Global Status Report. Op. cit., p .62.

⁶⁸ *Ibid.*, p. 66.

⁶⁹ *Ibid.*, p. 69.

⁷⁰ *Ibid.*, p. 66.

instalación, de conectar y utilizar. En China, Israel y otros países, los sistemas solares para calentar agua son en estos momentos competitivos en costos con los sistemas empleados con combustibles fósiles. Entre otros esfuerzos innovadores para mejorar la calidad y reducir los precios se busca fabricar unos colectores termosolares más delgados, con mayor durabilidad e integración a los techos de las viviendas y los edificios.⁷¹

Otro segmento que está empezando a jugar un papel importante en el mercado de la generación de energía eléctrica es la energía termosolar de concentración (CSP), una forma de energía solar térmica que consiste en la obtención de energía eléctrica por medio de un motor térmico, generalmente una turbina de vapor, funciona gracias a la energía calorífica obtenida de concentrar una gran cantidad de luz solar reflejada desde heliostatos o lentes hacia una pequeña área, usualmente un tubo central a reflectores cilindro parabólicos o a la cima de una torre solar, los receptores de la luz solar almacenan algún fluido (aceite, agua, biogás, entre otros, que obedece al propósito de cada proyecto), éste incrementa su temperatura y provee calor y/o vapor. A pesar de que la tecnología está menos desarrollada y difundida que la tecnología FV, logró un incremento en su capacidad instalada del 27% (0.9 GW) durante el 2014, así alcanzó a acumular una capacidad de 4.4 GW a nivel global ese año; capacidad añadida en 2014 que en su mayor parte correspondió en principio a tecnologías cilindro parabólicas (46%) y de torres solares (41%).⁷² Esa capacidad generada acumulada es producida básicamente por España (2.3 GW), Estados Unidos (0.9 GW), Marruecos (350 MW), Sudáfrica (300 MW), India (225 MW) y los Emiratos Árabes Unidos (100 MW), lo que les convierte en los mercados más desarrollados en este segmento tecnológico a nivel global; en Latinoamérica tan solo Chile ha comenzado la construcción de la primera planta con tecnología CSP de la región, esperan tenerla lista para el 2017 y proveer una capacidad de 110 MW.⁷³

A su vez, las empresas fabricantes y desarrolladoras de proyectos CSP más importantes a nivel global han tenido que enfrentarse a la competencia generada por la rápida reducción de los precios de la tecnología FV, mientras siguen introduciendo una tecnología que aún es más costosa que otras tecnologías de generación de energía renovable. Sin embargo, la reducción de los costos y la optimización de las estrategias (incluyen las tendencias de plantas cada vez más grandes y mayores economías de escala), están llevando a mejoras en la evolución de la totalidad de los costos, los cuales varían de un país a otro y de una empresa a otra. Por ejemplo, empresas como Abengoa, de España anunciaron que para el 2014 lograron una reducción de la mitad de los costos de sus nuevas

⁷¹ *Ibid.*, p. 69.

⁷² *Ibid.*, p. 64.

⁷³ *Ibid.*, p. 65.

plantas en Sudáfrica frente a sus proyectos anteriores en España, mientras que ACWA de Arabia Saudita reportó precios competitivos de sus plantas de cilindros parabólicos y de torres solares bajo construcción en Marruecos, los anteriores son casos que pueden poner en evidencia condiciones para obtener la viabilidad comercial de esta tecnología. La localización de la casa matriz de las principales empresas que conforman la oferta de esta tecnología y que cubren la mayor parte del mercado a nivel mundial, ofreciendo una sola o una combinación de actividades que incluyen el desarrollo de proyectos, la construcción, la operación, el mantenimiento y la fabricación, se encuentran en orden de mayor a menor cantidad de proyectos desarrollados globalmente en: España (6 empresas: Abengoa, Acciona, Elecnor, Sener/Torresol Energy y FCC), Estados Unidos (2: Brightsource y Solar Reserve), Arabia Saudita (1: ACWA) y Alemania (1: Schott Solar).⁷⁴

3.2. Mercado Energético Colombiano

En el caso de Colombia, se encuentra un país dotado con recursos abundantes para la producción de energía. En el frente de los combustibles fósiles, para el 2015, era el cuarto productor de petróleo en Latinoamérica, produciendo en promedio un millón de barriles de crudo al día,⁷⁵ con unas reservas probadas de 2 billones de barriles de petróleo, además de reservas probadas de gas natural de 5,4 Gpc,⁷⁶ y la reserva más grande de carbón en Sur América con 5000 Mton para el 2014.⁷⁷ Sin embargo, esta riqueza de recursos no renovables ha generado un alto grado de dependencia fiscal del país con la producción y precio de los hidrocarburos, el incremento de los flujos de IED para este sector pasó de representar el 16% del total de la IED en 2003 al 30% en 2013,⁷⁸ llevando a un crecimiento del sector hidrocarburos de 2,3 puntos por encima del crecimiento de la economía del país desde 2008, derivando en una participación (a 2013) del sector en el 55% del total de exportaciones del país,⁷⁹ en el aporte de entre 25% y 30% de los ingresos corrientes del país a través de diferentes impuestos y contribuciones, lo cual correspondió al 3,4% del PIB nominal (a 2013),⁸⁰ y concluyó con una participación del sector en el 8,5% del PIB nominal,⁸¹ ésta dependencia es preocupante en el contexto actual de desaceleración económica

⁷⁴ *Ibíd.*, p. 65.

⁷⁵ AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS. [sitio web]. Bogotá: ANH. Estadísticas de Producción. [Consultado el 23 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.anh.gov.co/Operaciones-Regalias-y-Participaciones/Sistema-Integrado-de-Operaciones/Paginas/Estadisticas-de-Produccion.aspx>>

⁷⁶ SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PETRÓLEO Y GAS COLOMBIANO. [sitio web]. Bogotá: SIPG.

Principales cifras. [Consultado el 23 de Septiembre de 2016]. Disponible en:

<<http://www.sipg.gov.co/sipg/Home/SectorHidrocarburos/PrincipalesCifras/tabid/65/language/es-ES/Default.aspx>>

⁷⁷ AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA (ANM). Carbón. 2015. p.1.

⁷⁸ UPME. Evaluación de la Contribución...Op.cit., p. 6.

⁷⁹ *Ibíd.*, p. 9.

⁸⁰ *Ibíd.*, p.13.

⁸¹ *Ibíd.*, p.8.

dado que compromete tanto la estabilidad de la tasa de cambio nominal por la importancia que la oferta y demanda de divisas del sector adquirió en la economía nacional, así como los recursos para asegurar la financiación sostenible de las políticas sociales y el fortalecimiento de la institucionalidad, factores clave para el desarrollo social y empresarial del país. "Una caída de los precios tras la crisis financiera de 2008-2009 redujo esta fuente de ingresos tributarios en casi dos terceras partes, de 3,2% del PIB a 1,5% del PIB".⁸²

Las estadísticas del sector energético primario muestran que: la principal explotación y producción a nivel nacional de recursos energéticos primarios para el 2012 fueron el carbón y el petróleo, estos conformaron el 84% del total explotado y producido en el país, de ellos se exportaron el 94% y 66% de lo producido respectivamente, lo que conjuntamente representó el 98% de las exportaciones energéticas, el restante 31% que no se exportó se utilizó en el país,⁸³ donde el 78% de la demanda interna correspondió a recursos fósiles, y el otro 22% a recursos renovables. Esa demanda doméstica de energía final (a 2012) fue generada principalmente por: el sector transporte (45%), Industrial (22%), Residencial (19%), Agropecuario y Minero (7%) y Comercial y Público (7%).⁸⁴ Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), si Colombia tuviera la necesidad de autoabastecerse, debido a que demanda un 78% en recursos fósiles, las reservas probadas (a 2013) alcanzarían para abastecer al país durante siete años en el caso del petróleo y quince años en el de gas natural, también resalta la necesidad de tener en cuenta que las tasas de producción disminuyen mientras la demanda aumenta, lo que obligaría al país a realizar importaciones a partir del 2017 o 2018.⁸⁵ Este escenario, por el riesgo que representa debería constituir suficiente motivación para reconfigurar a través de políticas públicas implementadas eficazmente el modelo energético de producción y consumo de Colombia.

Por otro lado, en cuanto al sistema de suministro eléctrico del país hay que aclarar previamente que en Colombia éste se divide en dos tipos: el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las Zonas No Interconectadas (ZNI). El primero provee de energía eléctrica aproximadamente al 95% de la población a un costo promedio \$ 346 pesos por kWh, mientras que el segundo es conformado por los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al SIN, en los que el costo promedio por kWh es de \$1.200 pesos por 8 horas de servicio.⁸⁶

⁸² *Ibid.*, p.12.

⁸³ UPME. Integración de las Energías Renovables...Op.cit., p. 24.

⁸⁴ *Ibid.*, p. 25.

⁸⁵ *Ibid.*, p. 24.

⁸⁶ CADENA, Ángela. Acciones y retos para la energización de las ZNI en el país. [diapositivas]. UPME. 2012. p.4.

Ahora bien, la matriz eléctrica que conforma el SIN produce alrededor del 17% de la energía final consumida en Colombia,⁸⁷ cuenta con una capacidad instalada total (a 2014) de 15.645 MW, de los cuales el 66,6% fue obtenido de plantas hidroeléctricas con capacidad de generación mayor a 20 MW, un 28,5% fue obtenido de plantas térmicas fósiles con capacidad de generación mayor a 20 MW, y el restante 5% fue una combinación de pequeñas centrales hidroeléctricas (3,8%) y plantas de cogeneración de biomasa (0,5%) y combustibles fósiles (0,6%). El 0,1% faltante provino de la única planta eólica con la que cuenta el país, ubicada en el Parque Eólico Jepírachi, en el departamento de la Guajira⁸⁸.

Para poder entender qué tan sostenible es el actual sistema eléctrico colombiano, hay que tener en cuenta que las plantas hidroeléctricas con una capacidad instalada mayor a 10 MW no son consideradas como sostenibles debido a que por un lado, pueden generar conflictos con las comunidades que necesiten reubicación, además deterioran la flora y fauna nativa de los embalses impactando negativamente el ecosistema, y adicional a esto, se han encontrado evidencias de emisiones de GEI en zonas tropicales como resultado de la descomposición de materia orgánica en el interior de los embalses.⁸⁹ En consideración a ello, en la Ley 1715 de 2014 se especificaron los tipos de energías que conforman lo que denomina Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), que son recursos de energía disponibles a nivel mundial y ambientalmente sostenibles, comprenden las energías: eólica, solar, de biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (menores a 10 MW),⁹⁰ geotérmica y marina.⁹¹

La anterior aclaración permite concluir que el SIN generó tan solo un 2,71%⁹² (a 2014) del total de energía eléctrica a partir de FNCER, lo que quiere decir que el restante 97,29% de la energía eléctrica fue generada a partir de fuentes no sostenibles ambientalmente. Por el lado de las ZNI, a 2014 se contabilizaron 167 MW de capacidad instalada en estas zonas, distribuida en 1.269 plantas de generación basadas principalmente en el uso de grupos electrógenos diesel; de este total se reporta una participación de FNCER para la generación de energía eléctrica del 10.8%, provenientes de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, pequeños aerogeneradores, biomasa y sistemas FV.⁹³ Las cifras mencionadas muestran la gran brecha que se debe llenar en la difusión y ejecución de proyectos

⁸⁷ UPME. Integración de las Energías Renovables...Op.cit., p. 26.

⁸⁸ *Ibid.*, p. 26.

⁸⁹ ARIAS, Jessica. Modelamiento y Simulación de Curvas de Aprendizaje para Tecnologías de Energía Renovable en Colombia. Trabajo de grado Maestría en Ingeniería de Sistemas. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de la Computación y la Decisión, 2014. p. 16.

⁹⁰ UPME. Integración de las Energías Renovables...Op.cit. p. 199.

⁹¹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1715. (13, mayo, 2014).

⁹² UPME. Integración de las Energías Renovables...Op.cit. p. 26.

⁹³ *Ibid.*, p. 27.

a partir de FNCER para alcanzar la sostenibilidad del sistema energético colombiano.

3.2.1. Mercado Energético Renovable Colombiano

Afortunadamente, Colombia cuenta con un vasto potencial en energías renovables, atractivo en comparación con países ubicados en otras latitudes del planeta, con una irradiación solar promedio de 194 W/m^2 a nivel nacional,⁹⁴ con rendimientos que varían desde los 4 a los 6 kWh/día/m^2 entre regiones, un área de 170.000 km^2 con niveles de radiación de entre los 5 y 6 kWh/día/m^2 y tan solo el 1.53% del área nacional con irradiación solar por debajo de los 4 kWh/día/m^2 ,⁹⁵ lo cual supera la irradiación promedio de $3,9 \text{ kWh/día/m}^2$ a nivel mundial, y está muy por encima del promedio de irradiación que recibe Alemania ($3,0 \text{ kWh/día/m}^2$),⁹⁶ país número uno (a 2014) a nivel mundial en capacidad instalada de energía FV (38.2 GW).⁹⁷ Con vientos localizados de una densidad promedio de $4,9 \text{ MW/km}^2$ a nivel nacional y cuyo potencial de capacidad en las zonas aptas para realizar instalaciones asciende a los 99 GW , de los cuales 24.8 GW podrían ser provistos tan solo por el departamento de La Guajira, que tiene un potencial de generación de 81.216 GWh/año .⁹⁸ Un potencial energético del orden de los 450.000 TJ por año en residuos de biomasa,⁹⁹ proveniente de residuos agrícolas de los cultivos, biomasa residual pecuaria y residuos sólidos urbanos.¹⁰⁰ Y finalmente, los $52.075 \text{ m}^3/\text{s}$ de caudal que cubren un área de $1.141.748 \text{ km}^2$ y que le dieron a Colombia el título del cuarto país en el mundo con capacidad hidráulica, presentan un potencial de 25.000 MW en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (con una capacidad de generación de entre 10 y 20 MW) y de 93.085 MW en proyectos hidroeléctricos grandes, con capacidad mayor a 100 MW .¹⁰¹

Sin embargo, si se revisan los proyectos ejecutados de FNCER en Colombia a 2015, tan solo se encuentran: $19,5 \text{ MW}$ provenientes de energía eólica, los cuales se encuentran conectados al SIN, fueron instalados en el 2003 en lo que se denominó Parque Eólico Jepírachi ubicado en La Guajira, capacidad que no ha sido incrementada desde entonces.¹⁰² Las estimaciones oficiales más recientes (2010) de instalaciones FV en Colombia señalan que en el 2010 debían existir 9 MW de capacidad FV instalada correspondientes a sistemas privados, aplicaciones profesionales y soluciones en ZNI.¹⁰³ Sin embargo, una revisión de

⁹⁴ *Ibíd.*, p. 37.

⁹⁵ CORPOEMA. *Op. cit.*, p. 61.

⁹⁶ UPME. *Integración de las Energías Renovables...Op. cit.*, p. 40.

⁹⁷ REN21, *Renewables 2015. Global Status Report. Op. cit.*, p. 60.

⁹⁸ CORPOEMA. *Op. cit.*, p. 63.

⁹⁹ UPME. *Integración de las Energías Renovables...Op. cit.*, p.37.

¹⁰⁰ CORPOEMA. *Op. cit.* p. 65.

¹⁰¹ *Ibíd.*, p. 64.

¹⁰² UPME. *Integración de las Energías Renovables...Op. cit.* p. 38.

¹⁰³ *Ibíd.*, p. 41.

los datos provistos por el Informe de Registro de Proyectos de la UPME a junio del 2016, y del SGI&C donde se han registrado voluntariamente por parte de los desarrolladores algunos de los proyectos de energía FV en el país desde el 2011, permite hacer un recuento de 33 proyectos en ejecución implementados tanto en ZNI como en los sectores comercial e industrial (ver anexos A e I) que en total suman una capacidad instalada de 20,2 MW (ver anexos B y J). Por otro lado, se estima que en el 2013 el 1,3% (804 GWh) del total de la energía eléctrica generada en el SIN (62,200 GWh) en Colombia correspondió al uso de biomasa, principalmente al bagazo de la caña de azúcar.¹⁰⁴ En cuanto a los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (aquellos con una capacidad de generación menor a 10 MW), se evidencian como los mayormente difundidos, estos constituyeron el 1,3% del total de energía generada para el SIN en el 2014, equivalente a 194,48 MW.¹⁰⁵

La pobre participación que tienen las FNCER en el total de generación de energía eléctrica para el SIN, se debe principalmente al esquema normativo vigente que impide la entrega de excedentes energéticos provenientes de FNCER de diferentes capacidades a la red, si se considera la tendencia del precio de la energía eléctrica en el país, que desde 2012 ha mantenido una constante tendencia al alza en su precio en bolsa, pasando de \$178 pesos por kWh en 2013 a un promedio de \$358 pesos por kWh en 2014 y que para marzo del 2016 se situaba en \$302 pesos por kWh,¹⁰⁶ se revela tanto la oportunidad comercial que esto representa para las FNCER, que aunado a las proyecciones de los incrementos constantes esperados en los precios de los energéticos fósiles durante los próximos 20 años (de entre el 75 al 100% según el tipo de energético)¹⁰⁷ mejoran aun más el panorama, así como el aliciente que esto puede significar para la demanda del mercado energético, dado que si se incrementara el número de generadores de energía renovable que participaran en este mercado, "se crearía un mercado mayorista más sólido y líquido, creando presión a la baja en los precios del mercado spot (a raíz de los bajos costos de operación asociados con las FNCER como la eólica, solar y geotérmica)".¹⁰⁸

3.2.2. Marco Legal

La principal normatividad vigente, con mayor trascendencia en la reestructuración del mercado energético colombiano y que busca adaptar las Energías Renovables al modelo de desarrollo del país tal y como se viene realizando en las naciones

¹⁰⁴ *Ibíd.*, p. 46.

¹⁰⁵ *Ibíd.*, p. 26.

¹⁰⁶ XM S.A. E.S.P. [sitio web]. Bogotá: XM. Precio de la energía eléctrica. [Consultado el 21 de Septiembre del 2016]. Disponible en: <<http://www.xm.com.co/PortalInformacion/Paginas/default.aspx?tabId=Oferta>>

¹⁰⁷ UPME. Proyección de Precios de los Energéticos para Generación Eléctrica. Enero 2016-Diciembre 2035. 2016.

¹⁰⁸ UPME. Integración de las Energías Renovables...Op. cit. p. 31.

desarrolladas, es la Ley 1715 del 2014. Sin embargo, a esta ley le precedieron otras que allanaron el camino para su formulación. A continuación y en orden cronológico se mencionan brevemente las leyes y decretos de mayor relevancia: Decreto 2811 de 1974: Por medio de este se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, en donde se señalan cuales son los recursos naturales renovables y las fuentes de energía inagotables.¹⁰⁹

Ley 99 de 1993: En esta ley se crea el Ministerio de Medio Ambiente y se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, para ello se establece como principio general de la política ambiental que el proceso de desarrollo económico y social del país se orientase según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Rio de Janeiro de junio de 1962 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.¹¹⁰

Ley 142 de 1994: Esta ley pionera en la regulación de servicios públicos domiciliarios, impone a la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) la función de regular la autogeneración y cogeneración de energía en el país, definiendo además políticas para la gestión integral de residuos sólidos y peligrosos con el objeto de minimizar los impactos negativos hacia el hombre y el medio ambiente.¹¹¹

Ley 143 de 1994: Esta ley establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en Colombia, especificando las responsabilidades y autorizaciones concedidas a los diferentes agentes institucionales que están involucrados¹¹².

Ley 697 de 2001: Por medio de esta ley se declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, razón por la cual asigna al Ministerio de Minas y Energía como el encargado de promover a través del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE) el uso de las energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales en el país, con el fin de asegurar un abastecimiento energético pleno y oportuno, así como una mayor competitividad y protección al consumidor colombiano.¹¹³

¹⁰⁹ COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2811 (18, diciembre, 1974).

¹¹⁰ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993).

¹¹¹ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 142 (11, julio, 1994).

¹¹² COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 143 (11, julio, 1994).

¹¹³ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 697 (3, octubre, 2001).

Ley 1083 de 2006: En esta ley se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y de paso se destaca la relación entre los combustibles limpios, la salud y el medio ambiente.¹¹⁴

Ley 1665 de 2013: Por medio de esta ley se aprueba el Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), en busca de promover la implantación y uso generalizado de energías renovables, para ello el gobierno nacional reconoce la amenaza de los combustibles fósiles para el medio ambiente, así como el cada vez más rápido agotamiento de las fuentes de energía no renovable como su motivación principal. Además ratifica que el desarrollo de las energías renovables y Fuentes no Convencionales de Energía está en la línea con la protección del ambiente, el uso racional de los recursos naturales y el desarrollo sostenible, como bienes jurídicos tutelados conforme con lo establecido en los artículos 79 y 80 de la Constitución Política, el artículo 7 del Decreto 2811 de 1974 y el artículo 3 de la Ley 99 de 1993. Para el cumplimiento de estos compromisos adquiridos tras la aprobación del estatuto el gobierno se compromete con crear líneas de acción que cumplan con el propósito.¹¹⁵

Ley 1715 de 2014: Como se menciono líneas atrás, la presente es la ley más reciente y con mayor relevancia en la promoción de las energías renovables en Colombia, se creó con el fin de dar cumplimiento a los compromisos adquiridos tras la sanción de la Ley 1665 de 2013, en ésta se aclaran las líneas de acción que llevaran a cumplir con el siguiente objeto: "promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda".¹¹⁶

Para ello la ley busca establecer el marco legal y los instrumentos para promover el aprovechamiento de las FNCER, así como el fomento a la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para la producción de energía. En base a esto se hace una declaratoria de utilidad pública e interés social a la promoción, estímulo e incentivo al desarrollo de las actividades de producción y utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente las

¹¹⁴ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1083 (31, julio, 2006).

¹¹⁵ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1665 (16, julio, 2013).

¹¹⁶ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1715. Op. cit.

renovables, lo cual supone una primacía en todo lo relacionado con el ordenamiento territorial, urbanismo, planificación ambiental, fomento económico, valoración positiva en los procedimientos administrativos de concurrencia y selección, así como a efectos de expropiación forzosa.

También se definen los términos: Autogeneración; Autogeneración a gran escala; Autogeneración a pequeña escala; Cogeneración; Contador Bidireccional; Desarrollo Sostenible; Eficiencia Energética; los diferentes tipos de energías renovables (solar, eólica, geotérmica, etc.); Fuentes No Convencionales de Energía (que incluyen la energía nuclear o atómica); Fuentes No Convencionales de Energía Renovable; Generación Distribuida; Gestión Eficiente de la Energía; Respuesta de la Demanda; Sistema Energético Nacional y; Zonas No Interconectadas.

Se determinan las responsabilidades e instituciones, agencias y entidades encargadas de expedir los lineamientos necesarios para la entrada en vigencia de la ley, que son: el Ministerio de Minas y Energía (MME); la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG); la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME); el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP); el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS); la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y; las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR).

Además, se mencionan estrategias que se elaboraran por el gobierno con programas que permitirán:

a) La promoción de la autogeneración a pequeña y gran escala: En donde se autorizan la entrega de excedentes; los sistemas de medición bidireccional y mecanismos simplificados de conexión para los autogeneradores a pequeña escala que entreguen excedentes; la venta de energía por parte de generadores distribuidos; y la venta de créditos de energía, lo cual se podrá realizar una vez que la CREG expida la regulación correspondiente en base a los lineamientos de política energética del MME y las Leyes 142 y 143 de 1994. Por otra parte se autorizan programas de divulgación masiva y de divulgación focalizada a cargo de la UPME.

b) La sustitución de generación con diesel en las Zonas No Interconectadas: con esto se busca reducir los costos de prestación del servicio y las emisiones de gases contaminantes, para lo cual el gobierno puede establecer áreas de servicio exclusivo de energía eléctrica y gas combustible, así como desarrollar a través del

MME esquemas de incentivos a los prestadores del servicio de energía eléctrica en ZNI.

c) Crear un Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (Fenoge): El cual podrá por medio de fondos aportados por la nación, entidades públicas o privadas u organismos multilaterales e internacionales, financiar parcial o totalmente programas o proyectos dirigidos al sector residencial de estratos 1, 2 y 3. Se designa al MME como el encargado de la reglamentación de dicho fondo.

Se mencionan dentro de cuatro artículos los siguientes incentivos a la inversión en proyectos de FNCER:

a) Incentivos a la generación de energías no convencionales: Se fijan reducciones en la declaración de renta de 50% sobre el valor de la inversión por los siguientes 5 años al año gravable en que se haya realizado esta, en ningún caso -aclara- el valor a deducir por este concepto podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente determinada antes de restar el valor de la inversión. Para obtener el beneficio se debe obtener el certificado de beneficio ambiental otorgado por el MADS.

b) Instrumentos para la promoción de las FNCE: Se ofrece un incentivo tributario en donde están excluidos del IVA todos los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión para la producción y uso de energía a partir de FNCE. Para hacer efectivo este beneficio el MADS será quien certifique los equipos y servicios beneficiados en base a una lista expedida por la UPME.

c) Instrumentos para la promoción de las energías renovables: Se establece un incentivo arancelario que comprende la exención del pago de Derechos Arancelarios de Importación a cualquier persona jurídica o natural que realice nuevas inversiones en materiales, maquinaria, equipo e insumos destinados exclusivamente a proyectos de FNCE y que no sean producidos por la industria nacional. Para hacerlo efectivo se debe solicitar la exención del pago a la DIAN con 15 días hábiles previos a la importación, adjuntando la documentación certificada por el MME del proyecto a realizar.

d) Instrumentos para la promoción de las FNCE: Se dispone de un incentivo contable de depreciación acelerada de activos aplicable a maquinarias, equipos y

obras civiles necesarias para la preinversión, inversión y operación de proyectos de generación con FNCE, para estos efectos la tasa anual de depreciación será no mayor de 20%, tasa que podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación con la DIAN.

Acerca del desarrollo y promoción de las FNCE se especifican los lineamientos y condiciones necesarias para:

- a) Desarrollo de la energía procedente de Biomasa forestal.
- b) Repoblaciones forestales energéticas.
- c) Utilización de Biomasa Agrícola.
- d) Energía de Residuos.
- e) Desarrollo de la energía solar: En esta instancia en particular, se designa al MME, MinVivienda y MADS como los encargados en el fomento de este tipo de proyectos. Por otra parte, se señala al MME como el encargado de la reglamentación técnica y de calidad, así como de los requisitos para la participación de este tipo de energía en la generación distribuida, y al MADS como el que fije los parámetros ambientales de este tipo de proyectos.
- f) Desarrollo de la energía eólica.
- g) Desarrollo de energía geotérmica.
- h) Desarrollo de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos.
- i) Desarrollo de la energía de los mares.
- j) Formación y capacitación de capital humano.
- k) Cooperación internacional en Materia de FNCER.

Se designa al PROURE, con el apoyo del MME y la CREG como el encargado del desarrollo y promoción de la gestión eficiente de la energía, por otra parte, se escoge al MME con el apoyo del Fono Fenoge como el encargado del desarrollo y promoción de las FNCE y la gestión eficiente de la energía en las ZNI, en donde se especifican las disposiciones frente a cada tema que se aborda, entre ellos destaca como uno de los instrumentos para la financiación de programas que "*por cada kilovatio-hora despachado en la Bolsa de Energía Mayorista, el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales, ASIC, recaudará un peso (\$1.00) moneda corriente, con destino al Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas, FAZNI. Este valor será pagado por los agentes generadores de energía y tendrá vigencia hasta el 31 de diciembre de 2021 y se indexará anualmente con el Índice de Precios al Productor (IPP), calculado por el Banco de la República*".¹¹⁷

¹¹⁷ *Ibíd.*, p. 21.

En el tema que denomina Ciencia y Tecnología se resuelve que el gobierno nacional fomentara la investigación en el ámbito de FNCE y la gestión eficiente energética. Estos sistemas de fomento estarán ligados a los planes nacionales de desarrollo y entre los encargados estarán las entidades locales y Corporaciones Autónomas, así como el propio Gobierno Nacional, para ello también se especifican los objetivos y condiciones necesarias.

Para concluir, se determina que las autorizaciones medioambientales así como la formulación de requisitos necesarios para el desarrollo de proyectos de FNCE serán tramitados por entidades como el MADS, con el apoyo de la ANLA, las CAR y el MME.

En el marco de esta reglamentación se han expedido las siguientes normativas con el fin de dar cumplimiento a lo que se estipula en la Ley:

Decreto 2469 de 2014: Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración, sin embargo la segmentación adecuada del tamaño de los autogeneradores para la adecuada formulación de disposiciones queda en espera hasta que la UPME, el MME y la CREG expidan diferentes conceptos necesarios.¹¹⁸

Decreto 2492 de 2014: Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda, para ello se decretan: Lineamientos tendientes a promover la gestión eficiente de la energía; Planes de expansión; Y participación en el mercado mayorista (el cual está sujeto a la reglamentación que expida la CREG).¹¹⁹

Decreto 1623 de 2015: Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas.¹²⁰

Resolución CREG 024 de 2015: Por el cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones.¹²¹

¹¹⁸ COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2469 (2, diciembre, 2014).

¹¹⁹ COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2492 (3, diciembre, 2014).

¹²⁰ COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1623 (11, agosto, 2015).

¹²¹ COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución 024 (13, marzo, 2015).

Resolución UPME 0281 de 2015: Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala. Esta será máximo de 1 MW de capacidad instalada.¹²²

Decreto 2143 de 2015: Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014, con el fin de reglamentar la aplicación y los procedimientos generales para acceder a los beneficios allí señalados.¹²³

3.2.3. Energía Solar en Colombia

Como se mencionó líneas arriba, el recurso solar en Colombia es más abundante que en el resto del mundo, contando con una irradiación promedio al día de 4,5 kW/m² frente a un promedio mundial de 3,9 kW/m². Estos niveles se distribuyen de forma desigual en el país tal y como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 2. Valores de irradiación promedio para diferentes regiones del país

Región	Promedio irradiación (kW/m ² /día)
Guajira	6,0
Costa Atlántica	5,0
Orinoquía	4,5
Amazonía	4,2
Región Andina	4,5
Costa Pacífica	3,5

Fuente: UPME, IDEAM, 2005¹²⁴

En la tabla anterior también se evidencia cómo la magnitud de irradiación solar tan solo está por debajo del promedio mundial en la costa pacífica, mientras que el resto de las regiones supera el promedio de irradiación en el mundo, con valores que oscilan entre los 4,2 kW/m² y los 6,0 kW/m² al día.

¹²² COLOMBIA, UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Resolución 0281 (5, junio, 2015).

¹²³ COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2143 (4, noviembre, 2015).

¹²⁴ UPME. [sitio web]. Colombia: UPME. Atlas de Radiación Solar de Colombia 2005. [Consultado el 10 de Junio del 2015]. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Atlas_Radiacion.htm>

En base a los datos recopilados por el programa Registro de Proyectos de Generación de FNCER realizado por el SGI&C, la UPME elaboró un informe en Junio de 2016 donde presenta un balance del registro así como el listado de los proyectos de generación que se encuentran vigentes, especificando el tipo de recurso energético, así como el rango de potencia, la fase de registro (compuesta por 3 fases: primera: prefactibilidad; segunda: factibilidad; tercera: ejecución) y la ubicación de los futuros desarrollos. Este también es el informe oficial más reciente en cuanto a registro de proyectos e información asociada.¹²⁵ Una revisión, recopilación y análisis de los datos que ofrece el informe indicaron que:

- Entre el 2011 y el 30 de Junio de 2016 los proyectos de energía solar FV registrados fueron 46, teniéndose registro del primero en el 2014, de seis más en 2015 y de 39 entre Enero y Junio del 2016. Del total de proyectos 42 se encuentran en la fase de prefactibilidad, mientras que solo 3 están en la fase de ejecución, estos representan el 7% de los registros (ver anexo A).
- Los proyectos FV representan el 21,7% del total de proyectos FNCER registrados, sin embargo, según el informe, de la capacidad instalada de los 46 proyectos (incluyendo todos los tipos de fases registradas), que en total suman 589,92 MW, compone tan solo el 7,78% del total instalado por las FNCER.¹²⁶
- Del total de Capacidad en MW registrada de los 46 proyectos (589,92 MW), tan solo el 3,38% (19,9 MW) corresponde a los proyectos en ejecución, mientras que el 93,25% (550 MW) se registran en fase de prefactibilidad (ver anexo B).
- Un 99,8% de la capacidad instalada ejecutada se registra en el departamento de Sucre, en un proyecto privado, promovido por Awarala Central Eléctrica, la capacidad ejecutada restante se encuentra en Cundinamarca, distribuida en 2 proyectos. En la fase de prefactibilidad se destacan los departamentos del Atlántico, Córdoba, Meta, y Huila, los cuales registran 8, 7, 6, y 5 proyectos, que en total suman 128, 139, 99, y 99 MW respectivamente (ver anexo B), cabe la pena resaltar que esta región ofrece las condiciones más favorables de irradiación solar en el país, tan solo por detrás de la Guajira.

¹²⁵ UPME. Registro de Proyectos...Op.cit.

¹²⁶ *Ibíd.*, p. 3.

- Dentro de los municipios que registran la mayor capacidad en MW resaltan, según la fase de ejecución, Montelíbano, Sabanalarga, Altamira, Puerto Gaitán, y Valledupar, con 7, 5, 5, 5, y 3 proyectos registrados, que tendrían una capacidad instalada total de 139,3; 99,5; 99,5; 99,5; y 55,8 MW respectivamente, en el caso de los registros en fase de prefactibilidad. De los proyectos en la fase de factibilidad, tan solo se registra uno, en la ciudad de Valledupar, con una capacidad de 19,9 MW. Entre los proyectos en ejecución se encuentran, uno en el municipio de Tolviejo, Sucre, con una capacidad instalada de 19,9 MW, y dos en Bogotá, con 0,0353 MW de capacidad instalada (ver anexo C).
- Un análisis de las empresas promotoras de los proyectos, y de los departamentos donde se ejecutan, permitió deducir que, de las 23 empresas involucradas, solo dos tienen presencia en más de un departamento, Solar Green y Estrella Sucursal Colombia, la primera registra proyectos en estado de prefactibilidad en el Atlántico, Córdoba, Huila, y Meta, los cuales representan el 79,5 % de la capacidad a instalar registrada en la fase de prefactibilidad; la segunda empresa registra presencia en los departamentos de Bolívar y Cundinamarca, que en total no suman más del 0,007% de la capacidad registrada en los proyectos en fase de prefactibilidad. Por otro lado, de los proyectos en fase de ejecución se puede inferir que, la principal empresa en cuanto a capacidad instalada es Awarala Central Eléctrica S.A., con un 99,8% de la capacidad registrada en esta fase, en un proyecto ubicado en el departamento de Sucre; de resto, las empresas que figuran son INSEPET S.A.S., y Oscar Alonso Munera Salazar, con proyectos en el departamento de Cundinamarca, y capacidades instaladas de 0,027 y 0,0083 MW respectivamente (ver anexo D).

Dentro de las conclusiones que se presentan en el informe, también vale la pena resaltar que la evolución del registro de proyectos de energía solar desde el informe presentado en abril del 2016 fue de 411,11%, al pasar de 9 a 46 proyectos, lo que llevó a un incremento en la capacidad instalada registrada en todas las fases de 387,45%, pasando de 121,02 MW a 589,92 MW.¹²⁷

En un análisis realizado a los proyectos que suministraron la información acerca de los costos de instalación y costos fijos (CF) de administración, operación y mantenimiento (AOM) durante las fases 2 y 3 del proceso de registro, que corresponden a las etapas de factibilidad y ejecución del proyecto respectivamente, se encontró que 4 proyectos de energía solar FV con capacidad

¹²⁷ *Ibíd.*, p. 8.

instalada menor a 20 MW están registrados en estas etapas, con esa información suministrada se concluyó que para la muestra de 4 proyectos solares FV, los costos promedio en USD de 2015 se distribuyen de la siguiente manera:

- Costos Nacionales (USD/kW): Costos de instalación: 2.339,15; CF de AOM (USD/kW): 63,05

- Costos Internacionales (USD/kW): Costo de instalación: 2.687,58; CF de AOM: 27,29.¹²⁸

Estos valores muestran la ventaja nacional en costos de instalación, al ser un 12,9% más bajo que el internacional y la desventaja en el CF de AOM al ser un 130% superior al internacional.

Con el fin de contrastar los datos del informe anterior con los datos que ofrece el SGI&C, y además lograr compilar una base de datos ordenada más robusta acerca de la industria solar en Colombia que las disponibles actualmente, se revisó la base de datos del SGI&C a fecha de Junio 30 de 2016, y se recopiló información de 14 variables diferentes, de 70 registros de proyectos FV y 13 proyectos Termosolares. Dentro de las variables más importantes se encuentran: el tipo de proyecto (dividido en comercial y de I&D); nombre; estado actual; tipo de iniciativa; ejecutor; financiador; departamento; municipio; capacidad instalada; energía producida por mes; y el tipo de conexión (ver anexo E).

Las conclusiones cuantitativas que se pueden realizar tras el análisis de los datos del SGI&C son:

- La fuente energética solar empleada primordialmente para producir energía fue la FV, la cual registro el 100% de la capacidad en funcionamiento de los proyectos comerciales, así como un 99% de la capacidad de los proyectos en estado de planeación por sobre la termosolar,. Por otro lado, la mayor cantidad de proyectos de I&D se concentran en el sector FV, de 27 proyectos de I&D que se registraron, el 85% pertenece a investigaciones FV, el restante 15% se divide en proyectos del sector termosolar.

¹²⁸ Ibíd., p. 9.

- De los 13 proyectos termosolares que se encontraron en la base de datos, 4 pertenecen a proyectos de I&D, provenientes de iniciativas mixtas y privadas, las mixtas fueron financiadas por Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia. Una de las iniciativas privadas y la financiada por la UNAL se tratan principalmente de software para el control del sistema; mientras que las dos restantes se relacionan con labores de asistencia técnica (diseño, montaje, operación, y/o mantenimiento) (ver anexo F).
- Las 9 iniciativas correspondientes a los proyectos termosolares comerciales son de aplicaciones para el calentamiento de agua, de uso industrial, doméstico, e institucional; 5 de estos corresponden a iniciativas privadas, y 4 a iniciativas públicas. Las empresas ejecutoras que más sobresalen son Hybrytec con 3 proyectos, 2 de iniciativa pública y 1 privada; y Ecosistemas y Soluciones S.A.S. con 3 proyectos, 2 de iniciativa privada y una pública (ver anexo G).
- Por otra parte, la recopilación de los proyectos FV recogió 70 proyectos diferentes, 23 pertenecientes a I&D y 47 a proyectos comerciales. De los proyectos de I&D se halló que de 23 proyectos registrados, el 39% se encuentra en desarrollo, el 17% en funcionamiento, 21% finalizados, 17% como propuesta, y un 4% de estos en construcción (ver anexo H). Por otra parte, el 63% de los proyectos comerciales se encuentran en funcionamiento, el 32% en planeación y el 5% restante se encuentra en construcción (ver anexo I).
- Si se revisan los proyectos comerciales según la capacidad instalada y el estado del proyecto, se puede afirmar que tan solo el 1,4% de los proyectos reportados (313 kW) se encuentran en funcionamiento, el 1,5% (336 kW) en construcción, y el 97,1% (21.709 kW) en planeación (ver anexo J).
- Las iniciativas de los proyectos comerciales en cuanto a cantidad, corresponden en un 21% (10 proyectos) a iniciativas mixtas, de los cuales el 50% se encuentra en funcionamiento y el otro 50% en planeación. El 68,09% (32 proyectos) provienen de iniciativas privadas, de estas, el 68% están en funcionamiento, el 28% en planeación y 4% en construcción. Por último, se encuentran las iniciativas públicas, las cuales componen el 10,64% (5) de la cantidad de proyectos, 3 están en funcionamiento, los otros dos están en planeación y construcción respectivamente (anexo K).

- También se revisó el tipo de iniciativa con las sumas de capacidad instalada que se registra en los proyectos comerciales, el resultado arrojó que de 22.358 kW registrados en total, el 3,57% (797,34 kW) es de iniciativas mixtas, que tienen 790 kW en planeación y 7,34 kW en funcionamiento, los cuales representan el 3,64% en planeación y el 2,34% del total en funcionamiento. Las iniciativas públicas, por su parte, suman el 2,89 % (646,38 kW), las cuales tienen 300 kW en construcción, 318 kW en planeación, y 28,38 kW en funcionamiento, estos representan el 89%, 9,05%, y el 1,46%, de la capacidad instalada total en construcción, planeación, y funcionamiento respectivamente. El tipo de iniciativa más destacada, es la privada definitivamente, la cual representa el 93,5% del total de capacidad registrada, el 88,6% (277,7 kW) de la capacidad en funcionamiento, el 94,9% (20.601 kW) de la capacidad en planeación, y el 10,7% (36 kW) de la capacidad en construcción (ver anexo L).
- Si se comparan la cantidad de proyectos comerciales por estado de los proyectos como porcentaje de la cantidad total de proyectos, y la suma de la capacidad (en kW) por cada estado de los proyectos como porcentaje del total de capacidad (en kW) registrada, se encuentran cifras muy dispares, desde el punto de vista de las cantidades, los proyectos en construcción representan el 4,26% del total de proyectos, los que están en funcionamiento el 63,83%, y los que están en planeación el 31,91%. Por otra parte, desde la perspectiva de la capacidad instalada se halló que el 97,1% del total de la capacidad reportada corresponde a proyectos en planeación, mientras que el 1,5% y 1,4%, son de proyectos en construcción y en funcionamiento.
- En cuanto a las iniciativas de los proyectos de I&D, 7 (30,43%) son de origen mixto, mientras que las 16 restantes se dividen en partes iguales entre iniciativas privadas (34,78%) y públicas (34,78%). De los proyectos con iniciativa mixta, el 14,29% (1 proyecto) está en construcción, el 28,57% (2) en desarrollo, el 14,29% (1) en funcionamiento, el 28,57% (2) finalizado, y el 14,29% (1) como propuesta. De las iniciativas privadas, el 50% (4) están en etapa de desarrollo, el 37,5% (3) están en funcionamiento, y 12,5% (1) finalizados. Las iniciativas públicas por otro lado, no tienen ningún proyecto en funcionamiento, el 75% de los proyectos se reparten igualmente entre proyectos en desarrollo (3) y propuestas (3), el 25% final es de proyectos finalizados (ver anexo M).
- Al verificar los departamentos y su relación con otras variables, se encontraron 20 departamentos registrados con proyectos FV de al menos

una categoría, en base al análisis de estos se puede afirmar que; para los proyectos comerciales, según el estado de los proyectos, y la capacidad instalada, el departamento que más destaca actualmente es Chocó, con un 53% (169 kW) de la capacidad instalada en funcionamiento, seguido por Norte de Santander (13,3%) y Bogotá D.C. (12,2%), que tienen una capacidad instalada de 42 kW y 38,5 kW respectivamente. De los proyectos en construcción destaca la Guajira, con el 89% (300 kW) de estos, y Norte de Santander con el 10% (36 kW). Los proyectos en planeación tienen la mayor capacidad registrada en Bogotá D.C., con el 94,4% (20.510 kW) del total de los proyectos en este estado, le siguen Atlántico (484 kW), Arauca (318 kW), y Nariño (290 kW), que componen el 2,2%, 1,4%, y 1,3% respectivamente (ver anexo N).

- Tras revisar los departamentos que están registrados entre los proyectos FV de I&D, se hallaron 11 departamentos con al menos un proyecto de los 23 de este tipo. Los más destacados por cantidad de proyectos de I&D registrados son Bogotá (30,4%), Valle del Cauca (21,7%), Vichada (8,7%), y Cundinamarca (8,7%), con 7, 5, y 2 proyectos registrados en diversos estados. De los proyectos en funcionamiento, el 50% (2 proyectos) se registran en Cundinamarca, el 25% (1) en Bogotá D.C., y el otro 25% (1) en Valle del Cauca. De los proyectos en desarrollo, Bogotá D.C. cuenta con el 44,4% (4), mientras que los departamentos de Amazonas, Boyacá, Meta, Nariño y Valle del Cauca cuentan con un proyecto cada uno. De los proyectos de I&D finalizados, Valle del Cauca participa con el 60% (3), Norte de Santander con 25% (1) y Vichada con 25% (1). Por último los departamentos de Antioquia, Cauca, Vichada, y Bogotá D.C. registran un proyecto en estado de propuesta cada uno (ver anexo Ñ).
- De los 34 Municipios registrados en proyectos comerciales FV, el más destacado, entre los proyectos en funcionamiento, es Nuqui en el Chocó, con el 53,9% (169 MW) de la capacidad instalada, seguido por Bogotá D.C. (12,2%), Los Patios (9,5%), y San Andrés Islas (7,9%). El resto de ciudades principales como Medellín, Cali, Cartagena y Barranquilla representan una capacidad en funcionamiento sobre el total que funcionan de 0,6%, 0,3%, 1,5%, y 1% (ver anexo O). Por el lado de los proyectos FV de I&D y los municipios, se encontró que 14 municipios están registrados con al menos un tipo de proyectos de I&D (ver anexo P).
- En cuanto al tipo de financiación y las entidades que participan en este proceso se tuvieron en cuenta los datos tanto para los proyectos FV comerciales como los de I&D. En el caso de los comerciales FV se encontró

que de 22 registros de financiadores, 5 son categorizados como mixtos, 12 como privados, y 5 como públicos. Dentro de los inversores privados destacan: Acción Social, Bancoldex, Embajada de Japón, Gimcol Solar, Patrimonio Natural, y la Cooperativa de Educadores de Risaralda, además de los financiadores privados que no especifican sus datos, y que constituyen la mayoría (46% de los proyectos en funcionamiento). De los financiadores en modalidad mixta destacan: la Banca Multilateral, Banco Mundial, Colciencias y la empresa de energía de Cundinamarca. Por otro lado, en el espectro público destacan la Gobernación de Arauca, el IPSE, la Universidad Militar Nueva Granada, el municipio de Salazar de Las Palmas, y EEDAS S.A. E.S.P. Si se examina la cantidad de proyectos registrados y los financiadores, se encontrará que tan solo la embajada de Japón y la empresa de Energía de Cundinamarca han financiado 2 proyectos (que se encuentran en funcionamiento) cada uno, mientras que el resto (a excepción del registro "privado", que agrupa a todos los financiadores que no compartieron sus datos; y a los campos N/A) financiaron de a un proyecto (ver anexo Q).

- Tras la revisión de los financiadores por cantidad de proyectos, se tuvo en cuenta la capacidad instalada para los proyectos FV comerciales. Este análisis permitió identificar a los financiadores que mayor capacidad han ayudado a instalar. En primer lugar, para los proyectos en funcionamiento destacan Patrimonio Natural (160 kW), EEDAS S.A. E.S.P. (25 kW), la Embajada de Japón (9 kW), y la Fundación Aramacao (7, 08 kW), los cuales representan el 51%, 7,9%, 2,87%, y 2,26% del total de capacidad instalada en funcionamiento. Un 29,56% (92,67 kW) de la capacidad instalada en funcionamiento registra como financiadores a fuentes privadas que no especifican sus datos. De los proyectos en planeación destaca un proyecto que contiene una capacidad instalada de 2000 kW (92,13% de total de capacidad entre los proyectos propuesta) pero que no tiene un financiador. Los otros financiadores destacados en los proyectos propuestos son la Banca Multilateral (500 kW), la Gobernación de Arauca (318kW), y Bancoldex (244 kW), que representan el 2,3%, 1,46%, y 1,12% del total de capacidad instalada propuesta (ver anexo R).
- Seguido se revisaron los proyectos FV de I&D, así como los financiadores. Se halló que los financiadores más destacados, por cantidad de proyectos registrados son Colciencias (4 proyectos), el Ministerio Alemán de Cooperación (3), y la Pontificia Universidad Javeriana (2). Esta última también sobresale entre los proyectos de I&D en funcionamiento, dado que posee el 50% de los proyectos allí registrados. En total se registraron 17 financiadores en este segmento de I&D, 7 de los cuales son fuentes de

financiación privadas, 6 que son financiadores públicos, y 4 que son financiadores en la modalidad mixta (ver anexo S).

- Se comprobó que tipo de conexión tienen los proyectos FV comerciales. Se encontró que, del total de los proyectos registrados (47 proyectos), un 48,9% (23) se registran Aislados al SI, un 31,9% (15) figuran Conectados al SI, un 14,8% (7) pertenecen a ZNI, y los 2 proyectos restantes (4%) no registran información de tipo de conexión. En cuanto a los proyectos en funcionamiento (30), el 63% (19) están Aislados al SI, el 23% (7) están Conectados al SI, y el 13% (4) restante pertenecen a ZNI. Por otro lado, el 46% (7) de los proyectos en planeación se registran como conectados al SI, mientras que las propuestas de los proyectos Aislados al SI y las ZNI, representan el 20% (3) cada uno del total de proyectos propuestos (ver anexo T).
- También se realizó una revisión según la capacidad instalada, el tipo de conexión y estado de los proyectos, donde se observó que a diferencia del contraste con la cantidad de proyectos, en este caso, del total de capacidad registrada, un 92,71% es de proyectos Conectados al SI, 3,35% corresponden a sistemas Aislados del SI y el 3,9% restante es de ZNI. Entre los proyectos en funcionamiento se puede advertir que 66,7% (209,11 kW) del total de capacidad en funcionamiento es de proyectos Aislados del SI, 31,23% (97,9 kW) de sistemas Conectados al SI, y 2,07% (6,48 kW) de ZNI. Igualmente se verificó la capacidad instalada de los proyectos en estado de planeación, para los cuales el 94,87% del total de proyectos planeados pertenece a sistemas Conectados al SI, un 4% (868 kW) se proyecta para ZNI, y el restante 1,11% (240 kW) se prevé sea destinado a proyectos Aislados al SI (ver anexo U).
- Los ejecutores de los proyectos que más sobresalen cuando se revisan los proyectos comerciales por cantidad son empresas privadas como Smart Green Colombia S.A.S, Hybrytec, y SEI Energy S.A.S., que componen el 14,8%, 10,6% y el 8,5% del total de proyectos registrados, mientras que las 26 empresas restantes registran en promedio el 2% de los proyectos cada una. Si se revisan los resultados para los proyectos en funcionamiento, se encuentran datos similares a los anteriores, donde Green Colombia S.A.S, Hybrytec, y SEI Energy S.A.S, persisten como las más importantes, registrando un 23,33%, 13,33% y 13,33% respectivamente, sobre el total de proyectos FV en funcionamiento registrados (ver anexo V).

- Sin embargo, si se revisa la participación como el porcentaje del total de capacidad instalada, se encuentran resultados muy diferentes donde tan solo la empresa Green Caribbean S.A.S. representa el 89% del total instalado por todas las empresas (principalmente porque el proyecto más ambicioso (2.000 kW) registrado en los proyectos en planeación, corresponde a esta empresa), mientras que Smart Green Solar, Hybrytec y SEI Energy registran juntas menos del 2% de la capacidad instalada total. Pero si se examinan los datos de los proyectos en funcionamiento por capacidad, surge que, el 57,09% (178,97 kW) pertenece a la capacidad instalada por Smart Green Colombia S.A.S, el 11,6% (36,5 kW) es de la empresa SEI Energy S.A.S, y un 7,9% (25 kW) corresponden a Acquire Ltda. (anexo W).
- De igual forma se revisaron los ejecutores de los proyectos FV de I&D como cantidad de proyectos registrados. En este caso se encontró que las empresas más relevantes son SUNSET SOLAR - SENA, Smart Green Colombia S.A.S., y Desolcon Andina S.A.S, las cuales representan el 13,04%, 13,04%, y el 8,7% del total de proyectos. Por otra parte, si se revisan los proyectos en funcionamiento solo se tienen a las empresas Smart Green Colombia S.A.S. y Desolcon Andina S.A.S como las más importantes, dado que entre las dos poseen el 100% de los proyectos en funcionamiento, donde la primera ejecuta el 75% y la segunda el 25% restante. Vale la pena resaltar que en este segmento están registradas 4 universidades diferentes, las cuales poseen al menos un proyecto en estado de desarrollo (ver anexo X).
- Se verificó la variable energía por mes, y se le contrasto con los departamentos, municipios, y el estado del proyecto. De este procedimiento se obtuvo que: al verificar los proyectos en funcionamiento, los 5 departamentos que más energía producen por mes son Norte de Santander, Bogotá D.C., Valle del Cauca, Boyacá y Chocó, cuya producción es de: 5.810 kW/mes (45,4%); 2.500 kW/mes (19,55%); 1.100 kW/mes (8,6%); 856,8 kW/mes (6,7%); y 784 kW/mes (6,13%) respectivamente. Por otra parte, las 6 ciudades con mayor producción de energía FV mensual registrada son en su orden: Los Patios (4.100 kW/mes); Bogotá D.C. (2.500 kW/mes); Cali (1.100 kW/mes); Nobsa (856,8 kW/mes); Nuqui (784 kW/mes); y Cúcuta (540 kW/mes). Si se revisa la capacidad mensual de los proyectos en planeación se concluye que a futuro, los proyectos que más generación mensual tendrán, serán ubicados en los departamentos de Nariño (1.510.400 kW/mes); Arauca (43.031 kW/mes); y Cauca (6.855 kW/mes) (ver anexo Y).

Tras un análisis de los datos recopilados en el SGI&C, se puede concluir respecto al informe de registro histórico de proyectos FV presentado por la UPME, que entre estos no coinciden los nombres de los proyectos, los ejecutores, los departamentos, municipios, ni capacidad instalada, siendo por tanto diferentes proyectos los registrados en estas dos fuentes de información, lo que pone de manifiesto una falta de articulación entre las instituciones encargadas y sus programas en ejecución, dado que la información del sector está dispersa entre diferentes fuentes de información, en su mayoría bajo la dirección del Ministerio de Minas y Energía, pero sin un agente que enlace y sintetice los datos. Por lo anterior, las bases de datos que fueron analizadas no se pueden utilizar simultáneamente dado que la cantidad de variables y el formato de los datos son diferentes.

Con los anteriores análisis de dos bases de datos oficiales diferentes y sus variables, se pretendió establecer el estado de la industria solar en Colombia, lo cual hasta ahora no se había realizado, y que representaba un obstáculo para la elaboración de cualquier tipo de estudio o investigación alrededor ella, dado que aún no estaban explícitas en ningún estudio de los consultados, las empresas, proyectos, departamentos, municipios, tipos de conexiones, fuentes de financiación, proyectos de I&D, ni la capacidad instalada desagregada; datos que son vitales para poder crear una imagen de cómo se encuentra la industria en este momento de la historia. En líneas posteriores se ofrecen conclusiones reflexivas sobre el contenido cuantitativo de este capítulo.

También vale la pena resaltar que para poder producir estadísticas oficiales sobre las actividades económicas del país que además sirvan como base para realizar comparaciones de datos estadísticos a nivel internacional, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) por recomendación de la Comisión de Estadística de las Naciones Unidas, consolidó un Sistema de Nomenclaturas y Clasificaciones denominada Clasificación Internacional Industrial Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU). Esta recoge todas las particularidades de los diferentes sectores y subsectores productivos del país y las organiza en una estructura de categorías codificada que permite observar a detalle la composición de los sectores productivos en Colombia. En el caso de la industria solar, los códigos que identifican las actividades que realizan las empresas de este sector tanto de energía solar FV como térmica son: Para las empresas que se dedican a la fabricación de dispositivos semiconductores fotosensibles, células fotovoltaicas y solares: 2610; Para las empresas generadoras de energía eléctrica, incluida la gestión de estas instalaciones: 3511; De suministro de vapor y aire acondicionado: 3530; Mantenimiento y reparación especializada de equipo electrónico y óptico: 3313; Instalaciones eléctricas: 4321; Instalaciones de fontanería, calefacción y aire acondicionado, que incluye la instalación de colectores de energía solar no eléctricos: 4322; Fabricación de hornos, hogares y quemadores industriales

incluye: La fabricación de equipos de calefacción no eléctrica, de montaje permanente, para uso doméstico tales como calefacción solar, calefacción por vapor: 2815.¹²⁹

Para tener acceso a los datos de las firmas recopilados en base a la CIIU hay que registrarse en el sistema de consulta Compite360,¹³⁰ el cual contiene información comercial, financiera, jurídica y económica de las empresas registradas en las diferentes cámaras de comercio en Colombia, además se debe pagar por la información dependiendo de la cantidad de empresas que se necesite consultar. Estos datos son indispensables para realizar estudios de benchmarking, sectoriales, entre otros. Sin embargo, para la presente investigación no se utilizó el sistema de consulta Compite360 por escasez de recursos.

3.2.4 Conclusiones

Para la elaboración de las presentes conclusiones se tuvieron en cuenta las variables obtenidas del SGI&C, las que se encontraban en el informe de registro de proyectos de la UPME no se tuvieron en cuenta, únicamente cuando las variables presentadas no estaban incluidas en la base de datos construida con los datos del SGI&C. Previamente se realizó una comparación de las variables tenidas en cuenta en las dos bases de datos, con el fin de corroborar las diferencias y disparidades entre los registros de cada una (ver anexo Z). Por otra parte, las conclusiones del SGI&C se dividieron entre los proyectos comerciales y los de I&D.

- En primer lugar, es manifiesta la ventaja que tiene Colombia en cuanto a los niveles de irradiación solar, lo que le permite obtener una mayor cantidad de energía solar por m² al día frente al resto del mundo, teniendo potencial para que, en un mercado competitivo, pueda producir más electricidad con menos inversión.
- Entre los tipos de energía solar, la FV supera en un 100% a la termosolar en cuanto a la cantidad de proyectos con capacidad instalada en funcionamiento.

¹²⁹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA (DANE). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas. Revisión 4 adaptada para Colombia. 2012.

¹³⁰ COMPITE360. [sitio web]. Colombia. Información empresarial de Colombia. [Consultado el 12 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.compitem360.com/website/Principal.aspx>>

- El análisis realizado a los costos de instalación y a los CF de AOM a nivel nacional e internacional de proyectos solares FV, en base a la información suministrada por el informe de registro de proyectos a junio de 2016 elaborado por la UPME, dejó en evidencia que Colombia tiene una ventaja en costos de instalación, 12,9% más bajos que en el exterior, y una desventaja en los CF de AOM, 130% más elevados que a nivel internacional.

Proyectos comerciales:

- Para hacerse una idea de la difusión de esta tecnología es necesario mirar tanto la cantidad de proyectos ejecutados, que permiten determinar los puntos en donde se localizan los proyectos, su dispersión en el territorio y la cantidad que se ha demandado; así como la capacidad instalada por proyecto, para comprender el alcance e impacto de las comunidades beneficiadas. Hay que realizar un análisis por separado ya que la cantidad de proyectos no se correlaciona con los niveles de capacidad instalados; en el caso de los proyectos en funcionamiento según la capacidad instalada, tan solo representan el 1,5% del total registrado, mientras que al ser considerados este mismo tipo de proyectos según la cantidad, conforman el 63,83%.
- En torno al origen de las iniciativas que llevan a desarrollar proyectos solares FV en Colombia, en el análisis se advirtió que el 68% de éstas (según la cantidad de proyectos) provienen del sector privado, el 21% a iniciativas mixtas, y el 10,64% a públicas. Por otro lado, cuando se analizó por capacidad instalada se observó que el sector público aporta solo el 2,89%, mientras que el privado tiene iniciativas que registran el 93,5% de la capacidad instalada, con el 88,6% de la capacidad que ya está en funcionamiento; lo cual pone en evidencia la escasa participación del sector público en el proceso de formulación de proyectos FV; el cual ha sido indispensable para el fortalecimiento de este sector en las experiencias extranjeras, especialmente en las etapas tempranas de su desarrollo. Este escenario de descuido por parte del estado puede estar relacionado con la idiosincrasia que conduce las políticas nacionales, por algo en Colombia el ministerio que se encarga de conducir las políticas para las energías renovables se denomina Ministerio de Minas y Energía, entretanto los ministerios con esta misma misión en países como Suecia, Alemania, Japón, China y Estados Unidos son llamados: Ministerio de Energía y Medio Ambiente, Ministerio Federal de Energía y Asuntos Económicos, Agencia para la Energía y los Recursos Naturales, Comisión Nacional de

Energía, y Departamento de Energía, respectivamente; en ninguna de las agencias extranjeras se tiene a la minería como el foco especial para la producción de energía, todo lo contrario, esta es propia de los compromisos medioambientales; en algunos casos estas agencias han creado bajo su dirección centros de investigación para las energías renovables, como el "National Renewable Energy Lab" (NREL) en Estados Unidos, el "National Renewable Energy Centre" en China, o han secundado su creación, como la "Sociedad Fraunhofer" en Alemania, las cuales potencian y promueven la difusión de las energías renovables en sus naciones.

- A pesar de que Chocó se destaca como el departamento con mayor capacidad instalada en funcionamiento, seguido de Norte de Santander y Bogotá D.C., aún no se puede hablar de un departamento líder en el desarrollo de proyectos comerciales FV dado que la capacidad instalada aún es incipiente y los proyectos registrados en etapa de desarrollo y planeación componen más del 90% de la capacidad instalada registrada.
- Acerca de las fuentes de financiación empleadas se pudo concluir que las más notables son las fuentes privadas, sobresalen Acción Social, Bancoldex, Embajada de Japón, Gimacol Solar, Patrimonio Natural, y la Cooperativa de Educadores de Risaralda. Sin embargo, los financiadores privados que no especifican el nombre son los que se encargan de financiar el 44,6% del total de proyectos registrados, frente al 14% de los que financian las entidades previamente mencionadas. Por otra parte, las fuentes de financiación pública son principalmente una gobernación, una alcaldía, una empresa de servicios públicos, el IPSE y la Universidad Militar Nueva Granada, que en total conforman el 10,6% de los proyectos registrados. Por último, las fuentes de financiación mixta sumaron el 19% del total de proyectos registrados, en este segmento la Banca Multilateral, el Banco Mundial, Colciencias, y la Empresa de Energía de Cundinamarca, son las más notables. En base a lo descrito anteriormente se puede afirmar que no se encuentra una entidad plenamente identificada que este a la cabeza de la financiación de proyectos FV comerciales, aunque sobresalen algunos nombres de instituciones importantes, la cantidad de proyectos respaldados por estas son pocos, sin embargo, la recopilación de las entidades financiadoras posibilita a las empresas formuladoras de proyectos conocer la variedad de fuentes de financiación y modalidades existentes.
- Tras revisar el tipo de conexión que se registro para cada proyecto, se halló que del total de proyectos registrados, los conectados al SI son menos que

los aislados al SI, principalmente entre los proyectos que ya están en funcionamiento. Sin embargo, se observó que los proyectos en planeación son en su mayoría para sistemas conectados al SI, lo que significa que la demanda de este mercado se está modificando tal y como sucedió en las principales naciones de la industria solar durante la etapa de desarrollo del sector; donde los sistemas dejaron de ser soluciones aisladas, para convertirse en soluciones urbanas e interconectadas, con posibilidad de comprar y vender excedentes a la red. De la misma manera, se evidenció la reducción en el registro de proyectos en ZNI, que pasaron de conformar el 14% entre los proyectos en funcionamiento, al 13% de los que están en planeación.

- De las empresas ejecutoras de los proyectos FV se encontró que Smart Green Colombia S.A.S., Hybrytec, y SEI Energy S.A.S., registran la ejecución de poco más de la tercera parte de los proyectos FV, el restante se reparte entre 26 empresas que ejecutaron la misma cantidad de proyectos. Estas tres empresas son además las que tienen una mayor cantidad de proyectos ejecutados en funcionamiento, sumando en conjunto el 50% de éstos; Smart Green Colombia destaca entre las otras empresas al haber ejecutado el 23,3% de los proyectos que están funcionando actualmente, y no solo es la más notable si se revisa por cantidad de proyectos sino también si se tiene en cuenta la capacidad instalada, en este caso el 57% de la capacidad de los proyectos en funcionamiento fue instalada por esta empresa. Los niveles de participación de Smart Green Colombia en el desarrollo de proyectos FV comerciales aunado a su contribución en la ejecución de proyectos de I&D FV, en los que registra alrededor del 75% de los proyectos de este tipo en funcionamiento, hacen de esta empresa un referente en Colombia por sobre el resto de empresas solares del país.

Proyectos de I&D:

- Dentro de los determinantes competitivos más importantes para el sector FV están los proyectos de I&D, cruciales para generar innovación, que llevan a crear ventajas competitivas. Se trata esencialmente de una inversión en tecnología y en capacidades futuras que se transformen en nuevos productos, procesos y servicios. El papel del gobierno ha demostrado ser fundamental en las experiencias internacionales para impulsar la I&D, generando ventajas competitivas, ejemplos como el NREL o la Sociedad Fraunhofer lo demuestran. En cuanto al origen de las iniciativas de I&D en Colombia, se encontró que el sector público participa

en un tercio de ellas, sin embargo entre estos proyectos no hay ninguno en funcionamiento, el 75% de estos son propuestas o proyectos que aún están en etapa de desarrollo. La débil participación estatal en este caso retrasa el desarrollo de ventajas competitivas basadas en la generación de innovación vía I&D del sector solar en el país.

- De entre los departamentos y la capital del país, el que registra la mayor cantidad de proyectos de este tipo es Bogotá D.C., seguido del Valle del Cauca, otros 9 departamentos se reparten el 48% de los proyectos de I&D registrados, sin embargo, entre estos últimos el 50% de los proyectos se encuentra en funcionamiento; aunque Bogotá D.C. sea la que tiene una mayor cantidad de estos proyectos, la diferencia en cuanto a cantidad no es mucha, teniendo en cuenta que solo registra siete proyectos, de los cuales uno está en funcionamiento, de los cuatro que funcionan actualmente. En consecuencia, no se puede afirmar que en Colombia exista un departamento que este liderando la innovación en este sector.
- Las fuentes de financiación más destacadas en el campo de la I&D de proyectos FV son privadas, incluyendo universidades y empresas; de entre las fuentes públicas, Colciencias se registra como el principal financiador de estos proyectos, cobijando el 66,6% del total financiado con fuentes públicas, esa sobresaliente iniciativa en el apoyo público de proyectos deja entrever a esta institución como la apropiada para encauzar la transformación del sector de I&D en el campo solar. Por otra parte, de entre las fuentes de financiación mixtas el Ministerio Alemán de Cooperación registra el 75% de estos proyectos, la tercera parte en el departamento de Vichada y el resto en la ciudad de Bogotá D.C. Esta modalidad de financiación que representa el 23% del total de proyectos de I&D, ha demostrado ser efectiva en algunos países y surge como una oportunidad para el desarrollo de proyectos de investigación en el sector FV, aprovechando el conocimiento de empresas u organizaciones para resolver las dificultades que se presentan en la industria y en las comunidades donde se implementan.
- La empresa Smart Green Colombia S.A.S figura como la principal desarrolladora de proyectos de I&D, con el 75% de los proyectos que están en funcionamiento, los cuales son de tipo privado y han sido financiadas por la Pontificia Universidad Javeriana y por la Universidad Antonio Nariño, principalmente sobre automatización y sistemas FV para inyección de energía a la red eléctrica.

4. DIAMANTE DE PORTER

A continuación se realiza una introducción a cada uno de los determinantes del modelo del diamante de Porter, con un enfoque hacia la industria solar.

4.1 CONDICIONES DE LOS FACTORES

Basándose en las teorías de Solow y Romer, Porter explica el determinante "condiciones de los factores", y los agrupa entre: recursos humanos, recursos físicos, recursos de conocimiento, recursos de capital, e infraestructura.

Los recursos humanos pueden ser divididos entre habilidades, cantidad, y costo de los empleados.

Los recursos físicos implican la calidad, accesibilidad y costo de la tierra, el agua, y otros rasgos físicos de la nación. Además, las condiciones climáticas, y el tamaño de la ubicación geográfica pueden ser vistos como parte de los recursos físicos

El equipo de conocimiento científico, técnico y de mercado tiene efectos sobre bienes y servicios y se pueden resumir como recursos de conocimiento. La disponibilidad de conocimiento depende de las universidades, institutos de investigación y agencias estadísticas gubernamentales, y centros de investigación privados.

Los recursos de capital describen la cantidad de fondos disponibles para financiar la industria, como bonos, deudas, acciones y capital de riesgo.

El costo y calidad del sistema de transporte y comunicaciones son parte de la infraestructura. Por otra parte, la atención de la salud, las instituciones culturales y de viviendas pueden ser incluidas en la infraestructura, debido a que no tienen efecto sobre la calidad de vida. Por lo tanto, esta es responsable de la capacidad de atracción de un país como un lugar para vivir y trabajar.¹³¹

Cuando Porter vio diferencias dentro de las condiciones de los factores, implementó una jerarquía entre estos. El clima, la ubicación, la mano de obra no

¹³¹ PORTER. Op. cit., p. 74.

calificada y con poca experiencia, y los recursos naturales pueden ser vistos como factores básicos. Mientras que los empleados altamente cualificados, como ingenieros y científicos de la computación, los institutos universitarios de investigación y la infraestructura moderna de la información y las comunicaciones, hacen parte de los factores avanzados. Las inversiones sostenidas en capital físico y humano son importantes para desarrollar factores avanzados con el fin de lograr una ventaja competitiva significativa. Una nación necesita recursos humanos sofisticados y la tecnología para crear factores verdaderamente avanzados. Muchas empresas se enfrentan a la dificultad para proveerse de factores avanzados o para alcanzarlos desde el exterior a través de subsidiarias.¹³²

En la industria FV, los factores avanzados y especializados son importantes para crear ventajas competitivas, dado que esta industria está relacionada con el sector de alta tecnología.

4.2 CONDICIONES DE LA DEMANDA

Este determinante se relaciona con la necesidad y el comportamiento de los consumidores dentro de una nación. Los segmentos de la industria pueden lograr una ventaja competitiva, si las empresas de este sector obtienen una imagen más rápida y precisa de las necesidades del cliente, que las empresas extranjeras en su mercado. (Por ejemplo: Una demanda exigente, puede obligar a las empresas a innovar más rápido).

En cuanto al sector FV, el tamaño del mercado local debe ser tenido en cuenta como un factor muy importante, dado que facilita a las nuevas compañías, las industrias de respaldo, y al gobierno, a invertir en este sector. Los países líderes en exportaciones del mercado FV como EEUU, Alemania y Japón, también tienen un amplio mercado domestico.

Los pequeños sectores de la industria son vistos con menos atractivo para invertir en un país, dado que no son rentables como otros sectores. Los sectores nuevos o en desarrollo se enfrentan a este problema. Estos sectores también están involucrados con investigación para desarrollar sus productos, para así ahorrar tiempo en la fabricación, el diseño de producto, y los recursos de mercadeo.¹³³ Uno de estos sectores es el de la energía FV, que a pesar de encontrarse en etapas tempranas de desarrollo es una de las tecnologías energéticas de más rápido crecimiento.

¹³² *Ibíd.*, p. 77.

¹³³ *Ibíd.*, p. 87.

Los siguientes, son los componentes del factor demanda, los cuales se pueden convertir en ventajas competitivas:

- Compradores sofisticados y exigentes: Las compañías pueden integrar a sus consumidores sofisticados en el proceso de desarrollo, con el fin de respaldar las innovaciones en procesos y productos. El clima, geografía, sistema tributario, normas sociales y disponibilidad de recursos naturales, generan necesidades inusuales en los clientes de cada nación.¹³⁴
- Tamaño de la demanda y patrones de crecimiento: Sobre este determinante, muchos economistas coinciden en que existe una causalidad entre el tamaño de la demanda y la competitividad, no obstante difieren en los argumentos y dirección de esta causalidad. Sin embargo en ciertos segmentos de la industria, como las industrias con una elevada inversión en I&D, saltos generales en las tecnologías y producción a gran escala, deben tener una cuota elevada de mercado doméstico.¹³⁵
- Tasa de crecimiento de la demanda interna: Basados en la tasa de inversión, se puede ver que tan rápido crece el mercado doméstico relativamente a su tamaño. Es decir, las compañías desean adoptar rápidamente las nuevas tecnologías disponibles, si existe un rápido crecimiento de la demanda doméstica de alguna industria, es debido a que las firmas se sienten seguras acerca de la tasa de retorno sobre sus inversiones. Así mismo, estas empresas invierten en instalaciones grandes y eficientes, dado que prevén hacer un completo uso de éstas.¹³⁶
- La interacción entre las condiciones de la demanda: La demanda doméstica debería incrementar especialmente las inversiones e innovaciones en los sectores de la industria, además de las industrias sofisticadas con tecnología avanzada. Este determinante también se correlaciona con los otros determinantes del modelo del diamante.¹³⁷ Por ejemplo, el crecimiento en la demanda doméstica y un mercado doméstico grande es necesario para la competencia entre las firmas locales, de otra forma no habrían incentivos para la innovación. Estas circunstancias previenen a las compañías de aprovechar las ventajas en los mercados globales.

¹³⁴ *Ibíd.*, p. 89.

¹³⁵ *Ibíd.*, p. 92.

¹³⁶ *Ibíd.*, p. 94.

¹³⁷ *Ibíd.*, p. 99.

4.3 INDUSTRIAS RELACIONADAS Y DE APOYO

Este determinante de ventaja nacional gira en torno a las industrias proveedoras e industrias relacionadas, las cuales deben ser competitivas a nivel internacional, para de esa forma transferir esa ventaja a muchas industrias más, como por ejemplo con la industria de los semiconductores, que provee a una gran cantidad de industrias.¹³⁸

4.3.1 Industrias proveedoras

Estas facilitan las ventajas a lo largo de la cadena industrial, dado que proveen acceso a productos de alta calidad y a insumos que reducen costos. Más allá de esos beneficios, se encuentran las ventajas que otorgan los proveedores nacionales en términos de la coordinación en plena marcha.

La cooperación de los proveedores con sus socios de negocios en términos de la cadena de valor, es más importante que el acceso a la maquinaria y componentes.¹³⁹ La cadena de valor consiste en actividades primarias, como la logística entrante, operaciones (fabricación), logística de salida, mercadeo y ventas, y servicio post venta. Por otro lado, están las actividades de apoyo, que incluyen la infraestructura de las firmas, la gestión del recurso humano, y el desarrollo tecnológico. Para alcanzar ventajas competitivas las firmas deben ser más eficientes en la mayor parte de la cadena de valor que sus competidores.¹⁴⁰

El resultado de las buenas relaciones y cooperación con las empresas proveedoras son generalmente soluciones hechas a la medida. Según Porter, los proveedores de clase mundial pueden tener subsidiarias en otros países, pero siempre deben tener el departamento de I&D como las instalaciones más importantes en el país de origen. De otra forma, las empresas del país se pierden la oportunidad del desarrollo conjunto y el acceso rápido a información. Dado que los proveedores tienen menos incentivos en compartir información privilegiada con los mercados extranjeros, puesto que los proveedores locales pueden sacar ventaja de ello.¹⁴¹

Toda industria proveedora de un sector particular de la industria debe ganar ventajas competitivas a nivel nacional para poder crear ventajas competitivas en

¹³⁸ *Ibíd.*, p. 100.

¹³⁹ *Ibíd.*, p. 103.

¹⁴⁰ *Ibíd.*, p. 40.

¹⁴¹ *Ibíd.*, p. 104.

esa industria. Los componentes que tienen menor impacto en el producto o el rendimiento del proceso, pueden ser comprados en el extranjero.¹⁴²

4.3.2 Industrias relacionadas

Este tipo de industrias pueden ser descritas como empresas que realizan las mismas actividades en la cadena de valor o producen servicios o productos sustitutos. La presencia de industrias relacionadas usualmente atrae la competencia, lo que lleva a nuevas industrias más competitivas. La fabricación, el mercadeo, el desarrollo tecnológico, y la distribución, comprenden este tipo de actividades. Las industrias relacionadas además, comparten actividades a lo largo de la cadena de valor e incluso forman alianzas.¹⁴³

Los productos y servicios complementarios facilitan el trabajo conjunto de las firmas, lo cual crea ventajas en términos de eficiencia en costos y mejora el desempeño de la producción. Si varias industrias relacionadas tienen ventajas competitivas, será mucho más fácil alcanzar el éxito nacional en esta industria en particular. Los niveles de innovación e intercambio de información entre esas industrias son cruciales para competir a nivel global.¹⁴⁴

Las industrias relacionadas y de apoyo interactúan con todos los determinantes de competitividad del diamante. Estas industrias requieren de trabajadores habilidosos y buenas instituciones de educación superior, así como de una fuerte demanda interna y de una rivalidad activa en la industria, esenciales para el surgimiento de las industrias relacionadas y de apoyo.

La industria proveedora del sector FV es muy importante para crear ventajas competitivas, debido a que está directamente relacionada con la producción de componentes solares. Muchos proveedores ayudan a los fabricantes de células y módulos solares a desarrollar células solares eficientes, dado que les proveen de maquinaria y procesos innovadores. Esto ayuda a que los fabricantes de células y módulos solares incrementen su eficiencia y reduzcan sus costos. Los proveedores y los fabricantes de planta se enfrentan a nuevos retos con cada cliente nuevo, dado que se tienen que adaptar a sus requerimientos particulares, así mismo, los fabricantes de planta se han convertido en importantes portadores de conocimiento tecnológico respecto a la fabricación de tecnología solar.¹⁴⁵

¹⁴² *Ibíd.*, p. 104.

¹⁴³ *Ibíd.*, p. 105.

¹⁴⁴ *Ibíd.*, p. 106.

¹⁴⁵ JIA, Fu; SUN, Hui y KOH, Lenny. Global solar photovoltaic industry: an overview and national competitiveness of Taiwan. En: *Journal of Cleaner Production*. Julio, 2016. vol. 126, p. 5.

Algunos de los procesos y pasos productivos más importantes en la fabricación de células solares son el minado y procesamiento de las materias primas (silicio, indio, etc.), maquinaria de corte, maquinaria para las obleas, métodos de procesamiento y limpieza, maquinas para las células y tecnología laser.¹⁴⁶

4.4 ESTRATEGIA, ESTRUCTURA Y RIVALIDAD DE LA EMPRESA

Este determinante de ventaja competitiva nacional de la industria tiene que ver con el ambiente en el que las empresas son creadas, organizadas y administradas. Este también describe los efectos de la rivalidad domestica. Existen diferentes enfoques de estrategias, objetivos, y medios para organizar las compañías en los diferentes países. Si esos diferentes aspectos de la estructura de una empresa completan los requerimientos de una industria en particular, este sector puede crear una ventaja competitiva.¹⁴⁷

El ambiente nacional tiene un impacto en la manera como son gestionadas las empresas y deciden competir. Los sectores de la industria en una nación que se benefician del ambiente nacional en términos de patrones de organización y prácticas administrativas pueden obtener ventajas competitivas de forma más fácil.

La naturaleza de las relaciones con los clientes, la actitud frente a las actividades internacionales, el estilo grupal versus el jerárquico, la fuerza de la iniciativa individual, las herramientas para la toma de decisiones, la habilidad para coordinar entre funciones, el entrenamiento, el trasfondo, la orientación de los lideres, y la relación entre los trabajadores y la administración, son diferencias importantes a través de los países de las prácticas empresariales.¹⁴⁸

Existen varios aspectos diferentes para gestionar y estructurar las empresas, por lo cual es imposible generalizar todas sus influencias. Sin embargo, las normas de interacción interpersonal, las normas sociales de comportamiento grupal o individual, la actitud frente a la autoridad, el nivel profesional, y la actitud frente a la administración son unos de los más importantes. Estos son influenciados por elementos sociales y culturales como el sistema educativo, la estructura familiar, historia religiosa y social, y muchos otros valores intangibles que son únicos de la condición nacional.

¹⁴⁶ *Ibíd.* p. 2.

¹⁴⁷ PORTER. *Op. cit.*, p. 107.

¹⁴⁸ *Ibíd.*, p. 108.

Los países con habilidades lingüísticas y la habilidad y voluntad de aprender nuevos lenguajes son factores de respaldo para que las compañías compitan internacionalmente.¹⁴⁹

4.4.1 Objetivos de la compañía

La motivación de los propietarios y tenedores de deuda, la estructura de la propiedad, la naturaleza de la gestión empresarial, y los procesos que incentivan la motivación de los directores principales, son factores que influyen en los objetivos de la compañía.

Las características de los mercados de capital público también tienen impacto en los propósitos de las corporaciones de propiedad pública; normas ampliamente utilizadas para la tasa de rendimiento, el sistema de impuestos locales, y la identidad de los accionistas son aspectos de los mercados de capitales que son bastante diferentes entre las naciones.¹⁵⁰

El capital, la estructura de propiedad, las condiciones del mercado, y la naturaleza de la gestión empresarial tienen un gran impacto en la ventaja nacional. Estos factores están influyendo a una nación de dos maneras. Por un lado, las industrias tienen distinta intensidad de la utilización de fondos, diferentes perfiles de riesgo, diferentes horizontes de tiempo, la inversión y diferentes promedios de las tasas sostenidas de retorno. Por otro lado, el mercado de capitales de un país establece diferentes objetivos para los diferentes sectores de la industria. Una estructura institucional establecida puede crear una ventaja competitiva en algunas industrias, pero también abandonando otras. Las naciones obtendrán una ventaja competitiva en las industrias, en donde los objetivos de los propietarios y la alta dirección satisfagan las necesidades de cada industria en particular.¹⁵¹

La estructura y estrategia, y los objetivos de la compañía son bastante difíciles de medir y son fuentes útiles sobre el tema de la competitividad, pero en relación con la industria solar fotovoltaica no están disponibles. Es por eso que en esta investigación esa parte fue excluida del análisis.

¹⁴⁹ *Ibíd.*, p. 109.

¹⁵⁰ *Ibíd.*, p. 110.

¹⁵¹ *Ibíd.*, p. 111.

4.4.2 Rivalidad doméstica

Es muy importante la motivación de los gerentes y trabajadores para desarrollar habilidades e incrementar el desempeño, llevando a la creación de ventaja competitiva.

La conexión entre la rivalidad dinámica y el desarrollo y la persistencia de la ventaja competitiva en una industria en particular fue uno de los hallazgos empíricos más fuertes de Porter. Muchos economistas argumentaron que la competencia interna no era importante para la creación de ventaja nacional en una industria, ya que conduce a productos similares y evita que las empresas produzcan a escala. Por otra parte, algunos tienen la opinión de que la rivalidad doméstica es inútil en términos de competencia mundial. Porter tiene dudas acerca de esos puntos de vista, dado que su investigación sobre los casos industriales más exitosos en diez países arrojó otros resultados. Una fuerte competencia local entre una industria generalmente conduce a posiciones líderes a nivel global, incluso en naciones pequeñas como Suecia y Suiza.¹⁵²

La competencia doméstica lleva a innovar, derivando en una reducción de costos, mejoramiento de la calidad y el servicio y desarrollo de nuevos productos y procesos. Si no hay competencia doméstica, las empresas no tendrán incentivos para mejorar e innovar en sus mercados locales.¹⁵³

Los tipos de ventaja que pueden existir siendo una compañía local, como acceso al mercado doméstico, una base de proveedores local, y el costo de los factores quedan anuladas cuando hay competencia. La competencia doméstica también incrementa la acumulación de conocimiento y de habilidad en la industria nacional, debido a la movilidad del trabajo entre los sectores de la industria y a que las compañías tratan de imitarse.¹⁵⁴

Acorde a una rápida innovación, la concentración geográfica de los competidores en una sola ciudad o región genera ventajas, debido a la proximidad de conocimiento e información.¹⁵⁵

4.5 ROL DEL AZAR

La investigación de Porter acerca de las industrias más exitosas llega a la conclusión de que los eventos del azar juegan un papel importante en algunas de

¹⁵² *Ibíd.*, p. 117.

¹⁵³ *Ibíd.*, p. 118.

¹⁵⁴ *Ibíd.*, p. 119.

¹⁵⁵ *Ibíd.*, p. 120.

estas industrias. Las siguientes condiciones son importantes respecto a la ventaja competitiva y pueden ser incluidas en el rol del azar:

- Actos de innovación pura.
- Principales discontinuidades tecnológicas (biotecnología, microelectrónica, etc.)
- Desajustes en los costos de los insumos como con los shocks petroleros.
- Cambios significativos en los mercados financieros mundiales o tasas de cambio.
- Incrementos repentinos de la demanda mundial o regional.
- Decisiones políticas de gobiernos extranjeros.
- Guerras.

Las características nacionales juegan un papel crucial en cuanto a lo que una nación puede explotar de los eventos del azar, dado que esos eventos solo permiten cambios en las ventajas competitivas de una industria.¹⁵⁶

Porter argumenta que un país con el "diamante" más benéfico, debe tener la mejor posición para transformar los eventos del azar en ventajas competitivas. Un ambiente nacional que está dirigido a nuevas fuentes de ventajas es más favorable para esta transformación.¹⁵⁷

4.6 ROL DEL GOBIERNO

El gobierno tiene gran influencia en la economía y en industrias particulares. El éxito de las economías de Japón y Corea se relaciona generalmente con la política gubernamental en esos países. Según Porter, el rol del gobierno no debería ser incluido como el quinto determinante, dado que tan solo influencia los otros cuatro determinantes. Las condiciones de los factores, por ejemplo, son influenciadas por las políticas gubernamentales en áreas como la educación y el mercado de capitales. También puede cambiar las condiciones de demanda locales, modificando las normas de calidad de los productos o las regulaciones que tienen impacto en las necesidades de los consumidores. Siendo también el mayor comprador de diversas industrias como de bienes de defensa, equipos de telecomunicaciones, y aviación. El gobierno también puede controlar los medios de comunicación o regular los servicios de apoyo dentro del país, lo que puede cambiar las condiciones de las industrias relacionadas y de apoyo.¹⁵⁸

¹⁵⁶ *Ibíd.*, p. 124.

¹⁵⁷ *Ibíd.*, p. 125.

¹⁵⁸ *Ibíd.*, p. 127.

Además, la regulación del mercado de capitales, las leyes antimonopolio, y la política tributaria establecida por el gobierno tienen un impacto en la estrategia, estructura y rivalidad de las empresas. Por otro lado, los determinantes pueden influenciar la política gubernamental, por ejemplo, la cantidad de competidores locales influye en las inversiones en partes particulares del sistema de educación.¹⁵⁹

4.7 CRÍTICA GENERAL

En este apartado se recogen algunos comentarios y críticas que se realizan a algunos principios que recoge el modelo del diamante de Porter.

El diamante de Porter tiene un énfasis en la importancia de la base de operaciones, como lo hace patente cuando se refiere a la rivalidad doméstica, lo cual implica que competitivamente, el aprendizaje útil ocurre primero nacionalmente. El profesor Australiano Philip Yetton critica esta posición de Porter, señala que las multinacionales tienen la capacidad de aumentar el aprendizaje y el *know-how* en diferentes lugares, proveyendo competencia interna. Dice que la competencia interna es tan eficaz como la externa, a diferencia de Porter, quien afirma que la ventaja competitiva se logra mediante la competencia interna. Desde el punto de vista de Porter, la rivalidad entre firmas tiene limitaciones para obtener ventajas competitivas, pero las multinacionales tienen una gran cantidad de operaciones múltiples para productos similares usando procesos similares y por ello la rivalidad entre firmas resulta altamente efectiva.¹⁶⁰

Las empresas multinacionales tienen la posibilidad de facilitar la comunicación dentro de la compañía, lo cual maximiza el aprendizaje y crea innovaciones. También existe la suposición de que las grandes plantas de fabricación nacional son la base de la ventaja competitiva nacional, como en Boeing. Tal vez Porter hace caso omiso a este grupo de empresas, ya que parecen ofrecer algunos beneficios a la oficina central de la economía nacional, lo cual no incrementa la ventaja competitiva dentro de una nación.¹⁶¹

Philip Yetton argumenta que Porter no examina seriamente a las empresas multinacionales y por lo tanto no las reconoce como una forma efectiva de competencia global. En este caso, también descuida las operaciones e inversiones en el extranjero, la cual es una de las grandes debilidades de su teoría acerca de

¹⁵⁹ *Ibíd.*, p. 128.

¹⁶⁰ YETTON, Philip, et al. Are Diamonds a Country's Best Friend? A Critique of Porter's Theory of National Competition as Applied to Canada, New Zealand and Australia. En: *Australian Journal of Management*. Enero, 1992. vol. 17, no. 1, p. 116.

¹⁶¹ *Ibíd.*

la proximidad física para un aprendizaje e innovación eficaz. Su metodología empírica se basa únicamente en las exportaciones, lo que podría proveer muy poca información para sacar conclusiones. En el caso de Australia, con una economía pequeña y aislada, las condiciones de mercado pueden ser problemáticas. Es por ello que las empresas exportadoras con una base de operaciones a gran escala generalmente no evolucionan o pueden ser sostenidas por ese tipo de ambiente. Sin embargo las empresas multinacionales de Australia están creando estructuras y estrategias empresariales alternativas, que es la base de la ventaja competitiva internacional. Estas compañías muestran como el aprendizaje puede darse efectivamente entre diferentes locaciones, y por lo tanto no dependen de su base de operaciones. De acuerdo con el intercambio de conocimientos y aprendizaje dentro de una empresa multinacional, la cuestión crítica parece ser la capacidad de la empresa para capturar el aprendizaje a lo largo del tiempo. Por otro lado, la constancia de la ubicación donde se produce el aprendizaje en primer lugar, no es tan importante.¹⁶²

¹⁶² *Ibíd.*, p. 117.

5. ANÁLISIS DE LOS DETERMINANTES DE LA COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA SOLAR EN COLOMBIA

5.1 CONDICIONES DE LOS FACTORES

Porter señaló que los factores avanzados son más importantes que los factores básicos en términos de ventaja competitiva. Como consecuencia, las universidades y otros centros de educación superior representan un papel importante en el mejoramiento de los factores avanzados. En el caso de la industria FV, los empleados altamente calificados son necesarios para crear ventajas competitivas, debido a que la industria FV está relacionada con el sector de alta tecnología.

5.1.1 Recursos de conocimiento

Las instituciones científicas y de ingeniería pueden incrementar la dotación de factores avanzados en las industrias intensivas en conocimiento, tal como la industria FV. Este tipo de instituciones son medidas con el índice de "Calidad en la educación de las matemáticas y las ciencias" del Reporte de Competitividad Global, elaborado por el Foro Económico Mundial, el cual incluye diferentes pilares que contribuyen a la competitividad de un país. Este indicador se ubica en la sección de "Educación Superior y Entrenamiento" del reporte.

La medición de este índice se basa en encuestas que se califican en una escala del 1 al 7, a las que se le aplica una transformación de min-max, para preservar el orden y distancia relativa entre los puntajes de los países; son administradas por los departamentos económicos de las principales universidades de 138 países, algunos institutos de investigación independientes, y organizaciones empresariales, que sirven como asociados de la red de colaboración del Foro Económico Mundial alrededor del mundo.¹⁶³

En este caso Colombia, que se ubica entre los denominados países impulsados por la eficiencia (como Perú, Ecuador y Brasil) obtuvo 3,2 puntos entre 7, y ocupa el puesto 112 a nivel mundial.¹⁶⁴ Esta medida muestra una importante desventaja de Colombia en cuanto a educación en matemáticas y ciencia si se compara con los países líderes de la industria solar, los cuales se encuentran entre los países impulsados por la innovación (como Alemania o Suecia), cuyas puntuaciones promedian los 4,5 y se ubican entre los primeros 50 puestos. Sin embargo, si se

¹⁶³ FORO ECONÓMICO MUNDIAL. [sitio web]. The Global Competitiveness Report 2016-2017. Actualizado en septiembre de 2016. [Consultado el 30 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2016-2017-1>>

¹⁶⁴ FORO ECONÓMICO MUNDIAL. The Global Competitiveness Report 2016-2017. Ginebra: Foro Económico Mundial. 2016. p. 149.

compara con los países de la región que se hallan en la misma etapa de desarrollo que Colombia como Perú y Ecuador, se observa una ventaja frente a Perú, que se ubica en el puesto 133, con 2,5 puntos¹⁶⁵, y una desventaja frente a Ecuador, que ocupó el puesto 90 en este indicador con un puntaje de 3,7¹⁶⁶. Si se mira el puntaje de Chile, país que se catalogó en el reporte como en etapa de transformación hacia una economía impulsada por la innovación, es decir, una etapa más avanzada que Colombia, se evidencia que tiene el mismo puntaje asignado a Colombia en este indicador, ocupando el puesto 109¹⁶⁷. Los anteriores resultados demuestran que aunque el país en materia de preparación académica está muy lejos de las economías que impulsan el desarrollo de la industria FV, no lo está de los países que componen la región y que suponen características similares a Colombia.

A pesar de que este índice se puede utilizar para otro tipo de industrias, el sector FV (incluyendo las industrias relacionadas y de apoyo) es dependiente de la buena calidad en la enseñanza de matemáticas y las ciencias (como también lo muestran industrias de alta tecnología como la industria computacional y de aeronáutica, sobre todo durante las primeras etapas de su desarrollo).¹⁶⁸

Según Philip Jennings, el rápido crecimiento de las energías renovables ha incrementado el problema de escasez de profesionales cualificados, con experiencia en energía renovables. La demanda de este tipo de personas calificadas incluye diseñadores, representantes de servicio y ventas, instaladores, analistas políticos, científicos, ingenieros, maestros e investigadores. Todos ellos contribuyen a la calidad del sistema. En base a los avances tecnológicos y las exigencias del mercado, la industria de energías renovables tendrá la necesidad de más profesionales entrenados. El éxito de la industria de energías renovables es dependiente de los altos estándares de desempeño y eficiencia, dado que la confianza de los clientes debe continuar creciendo para poder alcanzar una buena reputación, con lo cual se incrementaría la demanda. El desarrollo de la industria de energías renovables está en la necesidad de la ingeniería de alta calidad y de una demanda exigente, aunque estos factores no son suficientes, el sistema debe atender las necesidades de los clientes para incrementar la demanda.¹⁶⁹

¹⁶⁵ *Ibíd.*, p. 295.

¹⁶⁶ *Ibíd.*, p. 167.

¹⁶⁷ *Ibíd.*, p. 145.

¹⁶⁸ JENNINGS, Philip. New directions in renewable energy education. En: *Renewable Energy*. 2009. vol. 34. p. 436.

¹⁶⁹ *Ibíd.*, p. 438.

Por tanto, todos los niveles de la sociedad, desde los clientes hasta los gerentes, deben ser respaldados con educación y entrenamiento para asegurar que los sistemas de energía renovable alcancen los más altos estándares de eficiencia.

5.1.2 Actividades de I&D

Este apartado resalta las actividades de I&D más importantes que se registran en las fuentes de información institucionales del sector FV en Colombia, las cuales se recopilaron para la elaboración del presente trabajo.

En cuanto a programas del gobierno dirigidos exclusivamente a proyectos de I&D de energía solar, no se tiene registro de alguno que haya funcionado o que lo haga actualmente. Sin embargo, se han ejecutado proyectos de I&D por parte de entidades privadas y públicas dirigidas a la automatización, desarrollo de software y, sistemas FV para inyección de energía a la red. Tras revisar los datos del SGI&C, se contaron 23 proyectos de I&D en el campo de la energía solar FV en Colombia, de estos el 39% está en fase de desarrollo, el 17% está en funcionamiento, el 21% ya fueron finalizados, 17% están como propuesta, y el 4% restante está en construcción. El 34,78% de los proyectos corresponde a iniciativas privadas, otro 34,78% a iniciativas públicas, y el restante 30% a iniciativas mixtas. En total, cuatro universidades diferentes se encuentran asociadas al menos a un proyecto de I&D (ver anexo X).

La industria FV es una industria de alta tecnología, por lo cual debe ser altamente innovadora. Las patentes pueden ser utilizadas como un indicador de innovación, dado que el sistema de patentes está diseñado como un mecanismo de incentivos para la creación de nuevo conocimiento económicamente valioso. Este sistema además provee información detallada sobre las nuevas tecnologías. La desventaja de utilizar las patentes como indicador de innovación, es que este es un indicador de invención más que de innovación.¹⁷⁰

También, hay otros indicadores de innovación como los datos de I&D y los datos bibliométricos (datos en publicaciones científicas y citas). Sin embargo, la innovación es bastante difícil de medir, dado que es un proceso multidimensional, que se conceptualiza en términos de ideas, aprendizaje y la creación de conocimiento.¹⁷¹

¹⁷⁰ FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C. y NELSON, Richard R. The Oxford Handbook of Innovation. New York: Oxford University Press. 2006. p. 158.

¹⁷¹ *Ibíd.*, p. 151.

Se realizó una revisión a la base de datos de la Superintendencia de Industria y Comercio, se utilizaron tres comandos diferentes con el fin de identificar las patentes relacionadas con la industria solar. El primer comando fue "fotovoltaica", el cual arrojó 4 patentes, donde 3 se relacionan con Ingeniería Mecánica, siendo estos sistemas de aislamiento y de control, la patente restante corresponde a una aplicación de la ingeniería eléctrica; el segundo comando fue "fotovoltaico", el cual arrojó 4 patentes relacionadas con aplicaciones de Ingeniería Eléctrica; el tercer comando fue "solar", que arrojó 12 patentes, relacionadas con aplicaciones de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Esto indica que en total hay 20 patentes relacionadas con la energía solar en Colombia, las cuales han sido registradas desde 1980 hasta el 2015.¹⁷² Estas cifras son muy bajas, teniendo en cuenta que en Alemania se presentan en promedio 40 patentes al año alrededor de este sector.¹⁷³

Así mismo, se realizó una comparación con los países de la región citados anteriormente en base al indicador de "Aplicación de patentes por millón de habitantes", el cual recopila información del Foro Económico Mundial, de la OCDE, el Fondo Monetario Internacional (FMI) y agencias colaboradoras en cada país; se consultó con el fin de comprobar el estado de Colombia en este campo frente a otros países similares y de referencia.

En este caso, Colombia obtuvo una puntuación de 1,9 entre 7 posibles, ocupó el lugar 61,¹⁷⁴ ubicándose por encima de lo que registraron Ecuador (0,2)¹⁷⁵ o Perú (0,5),¹⁷⁶ en la posición 91 y 79 respectivamente. Sin embargo, al compararse con Chile, que ocupó el lugar 44, con un puntaje de 7,5¹⁷⁷ se aclaran los estándares que están conduciendo la región, demostrando que Colombia aún no ocupa un lugar privilegiado en la región como generador de I&D; y aunque el país tiene una ventaja respecto a otros países con características similares, es necesaria una política de fomento más progresiva en este campo que dirija los esfuerzos de las empresas y la academia a la creación de nuevos productos, procesos y servicios.

5.1.3 Infraestructura

Según Porter, la infraestructura incluye diferentes aspectos como el tipo, calidad, y costo del uso de la infraestructura disponible, los cuales afectan la competencia.

¹⁷² SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. [sitio web]. Bogotá: SIC. Consulta de nuevas creaciones. [Consultado el 01 de Octubre de 2016]. Disponible en: <http://serviciospub.sic.gov.co/~oparra/serv_57/externas/datospatente.php>

¹⁷³ ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE). 2016. [Base de datos en línea].

¹⁷⁴ FORO ECONÓMICO MUNDIAL. The Global Competitiveness...Op. cit., p. 149.

¹⁷⁵ *Ibíd.*, p. 167.

¹⁷⁶ *Ibíd.*, p. 295.

¹⁷⁷ *Ibíd.*, p. 145.

La infraestructura se midió utilizando el Índice de Infraestructura, disponible en el "Reporte de Competitividad Global 2016-2017".

Este índice tiene en cuenta la calidad de la infraestructura en general, la calidad de los caminos, la infraestructura ferroviaria, la calidad de la infraestructura del transporte aéreo, la cobertura de teléfonos móviles, la calidad de despacho de energía eléctrica, entre otros factores. La información empleada se recopiló a través de recursos basados en los mapas de Google, en los grupos de investigación del Foro Económico Mundial, el Banco Mundial, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), además de las agencias asociadas en cada país.

En este determinante, el puntaje obtenido por Colombia fue de 3,7 de 7 posibles¹⁷⁸, y ocupó el puesto 84 en cuanto a competitividad de infraestructura a nivel mundial. Respecto a Ecuador y Perú que registraron 4,0 y 3,6, Colombia se encuentra en un lugar intermedio, pero más lejos de Ecuador en el lugar 71¹⁷⁹ y cerca de Perú en el 89;¹⁸⁰ Chile por otro lado obtuvo 4,7 puntos, y se ubica en el puesto 44,¹⁸¹ demostrando que hay una gran diferencia entre la calidad competitiva de la infraestructura entre los países de la región. Si se comparan los registros de la región con una economía impulsada por la innovación como Alemania, para tener un referente mundial relacionado con la industria FV, se hace evidente la brecha aún mayor que existe entre la región y las economías más avanzadas, en este caso el puntaje que registra es de 6,1, ubicándose en el puesto 8 a nivel mundial¹⁸².

Hay que resaltar que el informe llama la atención a Colombia por la inadecuada infraestructura de suministro, recalcando que constituye el tercer factor más problemático para la competitividad en el país, por detrás de las tasas impositivas y la corrupción.¹⁸³

5.2 CONDICIONES DE LA DEMANDA

Según Porter el tamaño del mercado y el crecimiento de la demanda doméstica son factores importantes para crear ventaja competitiva. Estos factores pueden no

¹⁷⁸ *Ibíd.*, p. 149.

¹⁷⁹ *Ibíd.*, p. 167.

¹⁸⁰ *Ibíd.*, p. 295.

¹⁸¹ *Ibíd.*, p. 145.

¹⁸² *Ibíd.*, p. 187.

¹⁸³ *Ibíd.*, p. 148.

ser importantes en todas las industrias, sin embargo señala que las industrias con una elevada cuota de I&D, como la industria FV sí deberían tenerlos en cuenta.

5.2.1 Tamaño del mercado

En esta tesis, el total de la capacidad instalada registrada en MW entre el año 2015 y hasta el 30 de Junio del 2016, según lo obtenido del SGI&C, será la empleada para determinar el tamaño del mercado. Esta cifra se comparará con la capacidad instalada en Alemania durante el año 2015, con el fin de poner el punto de referencia más alto y notar las brechas del mercado. Además, la capacidad de energía FV estará relacionada con el tamaño de la población del país con el fin de obtener otro aspecto útil de la demanda doméstica.

Colombia, durante el período mencionado líneas arriba, reportó la instalación de 0,313 MW (ver anexo L).

Alemania por su parte, durante el 2015 instaló el equivalente a 1.300 MW de nueva capacidad FV.¹⁸⁴

Tabla 3. Cuadro comparativo de capacidad acumulada, tamaño poblacional y de mercado

	Capacidad instalada acumulada FV (MW)	Tamaño poblacional a 2015 (millones)	Capacidad instalada acumulada FV/ Tamaño poblacional
Colombia	0,313	48,2	0,006493776
Alemania	1300	81,4	1,59705E+01

El anterior cuadro comparativo muestra el colosal abismo que existe entre el mercado más importante en materia FV en el mundo y Colombia, alrededor de 2.000 veces más grande.

Con el fin de realizar un paralelo que permita comprender el tamaño del mercado en Colombia respecto a países con condiciones similares de la región, pero esta vez del tamaño total del mercado y no tan solo de la demanda del sector FV,

¹⁸⁴ FRAUNHOFER ISE. Recent facts about photovoltaics in Germany. 2016. p. 5.

principalmente por falta de datos de los países vecinos, se empleó el décimo pilar del Reporte de Competitividad Global denominado "Tamaño de Mercado". Este recopila datos referentes al tamaño de los mercados internos y externos, medidos como promedio ponderado de gastos de acceso al mercado incluyendo la propia demanda doméstica. La estimación se basa en los resultados de una ecuación de gravedad, y los datos provienen de encuestas realizadas por los colaboradores asociados del Foro Económico Mundial.

En este caso, Colombia supera al resto de países de la región con los que se le ha comparado hasta ahora, obtuvo 4,7 puntos y el puesto 35, entre tanto Chile obtuvo una calificación de 4,5; Perú de 4,4; y Ecuador de 3,9, ubicándose en los puestos 44, 48 y 62 respectivamente. Lo anterior sugiere que el tamaño del mercado al que pueden acceder las empresas tanto nacionales como internacionales es mayor en Colombia que en los otros países de la región, incluyendo a Chile.

A pesar de que Colombia tiene un tamaño total de mercado más atractivo respecto a los otros países de la región, en cuanto al tamaño de mercado del sector FV hay un largo camino que recorrer, pues con solo 0,313 MW instalados entre el 2015 y el 2016 se demuestra un incipiente crecimiento del sector, poniendo de manifiesto la necesidad de que existan estímulos que impulsen el crecimiento de la demanda del sector solar.

5.2.2 Tasa de crecimiento

Aunque lo preciso en esta sección del trabajo sería hacer una serie de tiempo de la capacidad instalada en los últimos 10 años para ponderar una tasa de crecimiento, debido a la juventud de este mercado en el país, los datos son escasos y tampoco existe información disponible de años atrás.

En cuanto a tasas de crecimiento, lo más cercano que existe es un reporte en el Informe de Registro Histórico elaborado por la UPME, donde se confirma que la evolución del registro de proyectos de energía solar desde el informe presentado en abril del 2016 fue de 411,11%, al pasar de 9 a 46 proyectos, lo que llevó a un incremento en la capacidad instalada registrada de 387,45%, pasando de 121,02 MW a 589,92 MW.¹⁸⁵ Sin embargo, los anteriores datos no ofrecen un panorama del comportamiento de la demanda FV, puesto que el incremento en los registros de proyectos no se correlaciona con la capacidad instalada puesta en funcionamiento.

5.3 INDUSTRIAS RELACIONADAS Y DE APOYO

Como se mencionó en líneas anteriores, este determinante puede reforzar la innovación e internacionalización. Las empresas tienen un acceso fácil y rápido a

¹⁸⁵ UPME. Registro de Proyectos...Op.cit.

las industrias proveedoras domésticas en términos de *know-how*, entre otra información importante del sector, debido a la proximidad cultural y geográfica. Todas las industrias relacionadas y de apoyo en la industria FV pertenecen a las industrias de media y alta tecnología.

La ingeniería mecánica y la industria de la construcción producen componentes para la industria FV, y pertenecen a la industria de media y alta tecnología. Por otro lado, la industria semiconductora, que desarrolla y produce células solares, hace parte de la industria de alta tecnología.¹⁸⁶

En base a lo anterior, la fuerza de las industrias relacionadas y de apoyo será medida por la cuota de valor agregado que la industria de la media y alta tecnología ocupa en la fabricación total del país. Este índice está incluido en el "Reporte de Desarrollo Industrial 2016" de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO).

La cuota de producción de la media y alta tecnología en el valor agregado de fabricación total en Colombia fue de 21,4%;¹⁸⁷ superior al porcentaje registrado en las economías referentes de la región, lo cual le concede una leve ventaja en torno a este determinante de competitividad sobre Chile, Ecuador y Perú, que registraron valores de 16,3%¹⁸⁸, 8,1%,¹⁸⁹ y 13,5%¹⁹⁰. Sin embargo, países como Alemania registran valores en promedio de 60%,¹⁹¹ alrededor de tres veces más que lo reportado por Colombia.

También se utilizó la base de datos del Banco Mundial, para medir el nivel de desarrollo de las industrias de apoyo. Para ello se emplea el gasto interno bruto de I&D, dado que las industrias relacionadas y de apoyo del sector son muy innovadoras.

¹⁸⁶ SUN, Mei. Et al. A Hierarchical-Network-Model Based Analysis of the Market Characteristics of China's Photovoltaic Enterprises. En: Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2014. Vol. 6.

¹⁸⁷ UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). Industrial Development Report 2016. Vienna: UNIDO. 2015. p. 224.

¹⁸⁸ *Ibíd.*

¹⁸⁹ *Ibíd.*, p.225.

¹⁹⁰ *Ibíd.*, p.226.

¹⁹¹ *Ibíd.*, p.225.

En Colombia, el gasto total de I&D a 2014 fue del 0,195% del PIB¹⁹², en países como Perú y Ecuador se tiene información hasta los años 2004 y 2011, en donde se reportó un gasto del 0,156%¹⁹³ y del 0,34%,¹⁹⁴ lo cual dejaría virtualmente a Colombia en un lugar intermedio entre los países de la región con características similares y por debajo de Chile que reportó un gasto del 0,379%,¹⁹⁵ casi el doble del porcentaje invertido en Colombia. Mientras tanto países como Alemania y Suecia invierten entre el 2,5% y el 3,5% del PIB en I&D.¹⁹⁶

Por otra parte, en Colombia los subsistemas (Industrias Relacionadas y de Apoyo) de la industria FV dependen en gran medida de las fuerzas externas y las relaciones entre estas son algo débiles. La debilidad del subsistema se debe a la incipiente industria FV que hay en el país, dado que para un pequeño mercado es difícil atraer recursos para expandirse. Por otro lado, la debilidad en la industria de la producción también crea problemas para la investigación, debido a que los doctores y profesionales de alta calidad no pueden encontrar trabajos calificados en la industria FV en Colombia, por lo cual se hace más difícil atraer estudiantes hacia ese tipo de carreras. Por tanto, Colombia sólo puede beneficiarse de los estudiantes graduados que adquieren experiencia en otros países y luego traen de vuelta importante *know-how* para los sistemas FV colombianos.

La experiencia de las industrias relacionadas y de apoyo permitirá la reducción de costos de producción FV. Este sector de maquinaria y equipo se ha convertido en un factor calve para el éxito de la industria FV.

5.4 ESTRUCTURA, ESTRATEGIA Y RIVALIDAD DE LA EMPRESA

Según Porter, este determinante facilita la creación de ventaja competitiva, dado que las firmas deben ser innovadoras en sus productos y procesos para competir entre ellas. A pesar de que es difícil medir la competencia con los datos disponibles, este enfoque procura resaltar las compañías más importantes en la industria FV de Colombia, así como sus actividades.

¹⁹² BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Gasto en investigación y desarrollo de Colombia. [Consultado el 06 de Octubre de 2016]. Disponible en:

<<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=CO>>

¹⁹³ BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Gasto en investigación y desarrollo de Perú. [Consultado el 06 de Octubre de 2016]. Disponible en: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=PE>>

¹⁹⁴ BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Gasto en investigación y desarrollo de Ecuador. [Consultado el 06 de Octubre de 2016]. Disponible en:

<<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=EC>>

¹⁹⁵ BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Gasto en investigación y desarrollo de Chile. [Consultado el 06 de Octubre de 2016]. Disponible en: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=CL>>

¹⁹⁶ OCDE. OECD FACTBOOK 2015-2016. Economic, Environmental and Social Statistics. Paris: OCDE. 2016. p. 153.

En Colombia no existen aún empresas fabricantes de células ni módulos solares, y la gran mayoría de empresas se dedica a la importación y venta de los componentes, así como la instalación, operación y/o mantenimiento de estos.

Una de las oportunidades para este tipo de empresas ha sido el de desarrollar proyectos en las ZNI con el fin de mantener una rotación de los servicios más constantes, dado que la demanda urbana de sistemas FV hasta ahora está creciendo.

También es muy común ver empresas que se dedican a realizar instalaciones en los diferentes segmentos del mercado de energías renovables con el fin de diversificar el portafolio de servicios y no depender de una sola fuente energética.

De acuerdo con Porter,¹⁹⁷ una fuerte competencia local dentro de una industria puede llevar a crear ventajas competitivas, por lo cual se mide la cantidad de compañías en cada país. Se puede asumir que entre más compañías estén relacionadas con la industria FV, mayor será la competencia.

Colombia registra 29 empresas dedicadas al menos a una de las siguientes tareas: diseño, instalación, mantenimiento, comercialización o alquiler de componentes o herramientas para instalar sistemas FV. Las cuales en total han instalado 313 kW (según información provista por el SGI&C). Las más sobresalientes por cantidad de proyectos y capacidad instalada son: Smart Green Colombia S.A.S. , Hybrytec, y SEI Energy S.A.S. quienes registran la ejecución de poco más de la tercera parte de los proyectos FV, el restante se reparte entre 26 empresas que ejecutaron la misma cantidad de proyectos. Smart Green Colombia destaca entre las otras empresas al haber ejecutado el 23,3% de los proyectos comerciales y el 75% de los proyectos de I&D que están funcionando actualmente.

Aunque hasta el momento existen empresas que sobresalen en el sector solar, la etapa temprana de desarrollo por la que atraviesa la industria actualmente en el país no permite que se pueda asegurar a largo plazo la prevalencia de las firmas que hoy son protagonistas. No obstante, el estar ubicadas en los primeros lugares en cuanto a cantidad de proyectos ejecutados y de capacidad instalada, les genera ventajas frente a las empresas más jóvenes e inexpertas. La estrategia implementada por estas empresas en los próximos años será la que defina si son firmas con estructuras versátiles que se adaptan a las necesidades del mercado a

¹⁹⁷ Porter. Op. cit.

la vez que aprovechan al máximo sus fortalezas, o si son rígidas y proclives a sucumbir frente al cambio.

5.5 ROL DEL GOBIERNO

En el diamante de Porter, el gobierno tiene una interrelación con cada uno de los determinantes, lo que significa que el gobierno debe tener un gran impacto en el desarrollo de una industria en particular.

En el caso de Colombia las agencias encargadas de promover la industria solar son: el IPSE, quien formula y delega los proyectos para las ZNI, y la CREG, que debe encargarse de la reglamentación de las fuentes renovables junto con la UPME.

La carta de ruta del gobierno nacional es la Ley 1715 de 2014, con la cual se espera difundir este tipo de recursos y además, se espera poder hacerlos competitivos con el mercado tradicional.

La importancia del gobierno se percibe al momento de hacer efectivas las leyes que benefician al mercado, como por ejemplo, definiendo normas técnicas y de calidad para los proyectos FV, hacer que el acceso a los beneficios que otorga la ley 1715 de 2014 sea un proceso sencillo y eficaz, y articular a las instituciones encargadas de la distribución para que adelanten la inclusión de sistemas renovables conectados al SI, con la posibilidad de vender excedentes.

Lo más importante en el caso de Colombia será, definitivamente, el fortalecimiento institucional, que derive en un incremento de inversiones en I&D y, mejoren la educación que reciben los jóvenes, haciéndolos competitivos frente al mundo globalizado.

Dentro de las responsabilidades ineludibles del estado resalta además, mejorar la calidad de los factores básicos de producción de las empresas: formación de capital humano, infraestructura, capital, y tecnología; estimular la formación de agrupamientos productivos regionales, a nivel de cadenas productivas, conglomerados y clústeres; contribuir a crear y fortalecer la visión compartida de los agentes productivos del sector o región, relacionada con la necesidad de aprender a competir en mercados abiertos y de unirse para poder ocupar un lugar importante en el mercado mundial.

6. CONCLUSIONES

Tras haber culminado la presente investigación se puede concluir que las hipótesis formuladas previamente se aceptan, dado que se comprobó que existen factores internos y externos que afectan la competitividad de la industria solar en Colombia; en algunos casos bajo el control de los gerentes y en otros fuera de su alcance. Así mismo, se evidenció que la participación activa del estado y los programas de financiación dirigidos a este tipo de proyectos en las experiencias internacionales estimulan el crecimiento y difusión de estas tecnologías, siendo determinantes en el desempeño competitivo de cada país.

En cuanto a los objetivos planteados en el preámbulo de esta tesis, todos se cumplieron en su totalidad.

Se determinaron en base al modelo del diamante de Porter los factores que más influyen en la competitividad de la industria solar en Colombia. Entre ellos se encuentran: Los recursos de conocimiento (medidos como la calidad en la educación de las matemáticas y las ciencias); Las actividades de I&D (medidas de dos formas, como la cantidad de patentes registradas en torno a la industria solar, y la aplicación de patentes en general por millón de habitantes); La infraestructura (medida como la suma de los indicadores de calidad de los caminos, la infraestructura ferroviaria, la infraestructura del transporte aéreo, la cobertura de teléfonos móviles, la calidad de despacho de energía eléctrica, entre otros); El tamaño del mercado (medido de dos formas, como la capacidad instalada de proyectos FV en el último año, y la suma de los mercados interno y externo medido como promedio ponderado de gastos de acceso al mercado incluyendo la propia demanda doméstica); La tasa de crecimiento del mercado (medida como la capacidad instalada de proyectos FV en los últimos diez años; sin embargo, la escasez de datos de este tipo en Colombia impidió la elaboración de un indicador preciso alrededor de este determinante); Las industrias relacionadas y de apoyo (medida de dos formas, como la cuota de valor agregado que la industria de la media y alta tecnología ocupa en el total fabricado en el país, y como el gasto total de I&D por el gobierno como porcentaje del PIB); La estructura y rivalidad de la empresa (medida como la cantidad de empresas del sector solar, la cantidad de proyectos que desarrollan y la capacidad instalada por ellas); y el rol que desempeña el gobierno.

También, se identificaron los departamentos con mayor cantidad de proyectos ejecutados y capacidad instalada, las fuentes de financiación más importantes, el tipo de iniciativas que llevan a la ejecución de proyectos solares, el tipo de

conexión que se realiza a cada proyecto, la cantidad y tipo de proyectos de I&D, y los proyectos en estado de propuesta para los próximos años. Las conclusiones resultado del análisis de los anteriores elementos fueron consignadas en el capítulo 3.2.3.1, y se realizaron tras un análisis descriptivo de la base de datos que se elaboró para la presente investigación con información procedente del SGI&C.

Para establecer el estado de la competitividad en la industria solar en el país, se realizó un estudio comparativo de los determinantes competitivos en base a diferentes indicadores; los países que se compararon con Colombia fueron Ecuador y Perú, debido a que se clasifican según el Foro Económico Mundial en la misma etapa de desarrollo que Colombia; Chile, que se encuentra en una etapa de desarrollo más avanzada que los anteriores y es además un referente de la región a nivel mundial; y Alemania, que se registra como el principal referente de la industria solar en el mundo. Los resultados que se hallaron para cada determinante fueron los siguientes:

En el determinante "recursos de conocimiento", donde se utilizó el indicador "Calidad en la educación de las matemáticas y las ciencias", Colombia obtuvo 3,2 puntos, ubicándose por debajo de Ecuador con 3,7 y por encima de Perú con 2,5 puntos, lo que significa que Colombia se encuentra en un estado intermedio entre los países con características similares de la región; sin embargo, al comparar el puntaje obtenido por Chile, que fue el mismo asignado a Colombia, se puede inferir que aunque el país en materia de preparación académica está muy lejos de las economías que impulsan el desarrollo de la industria FV (cuyos puntajes promedian el 4,5), no lo está de los países que componen la región y que suponen características similares a Colombia. Una de las limitaciones para impulsar este determinante relacionado con los segmentos de alta y media tecnología es que, un cambio de éste depende de factores externos que no se pueden manipular (gobierno, cultura, sociedad).

En cuanto a las actividades de I&D, se evidenció la abrumadora ventaja que los países más avanzados le llevan a Colombia, puesto que una comparación de la cantidad de patentes relacionadas con la industria solar mostró que en 35 años el país ha registrado 20 patentes de este tipo, frente al promedio de 40 patentes que se registran anualmente en Alemania. Por otra parte, la comparación regional basada en el indicador "Aplicación de patentes por millón de habitantes" del Reporte de Competitividad 2016-2017, revela que Colombia tiene una ventaja amplia frente a países como Ecuador y Perú, al haber registrado 1,9 puntos frente a 0,2 y 0,5 de los que registraron las economías vecinas. Sin embargo, al compararse con Chile se aclaran los estándares que están conduciendo la región, dado que el puntaje obtenido por el país austral fue de 7,5, demostrando que

Colombia aún no ocupa un lugar privilegiado en la región como generador de I&D; y aunque el país tiene una ventaja respecto a otros países con características similares, es necesaria una política de fomento más progresiva en este campo que dirija los esfuerzos de las empresas y la academia a la creación de nuevos productos, procesos y servicios.

El determinante "Infraestructura" que se midió con el índice de infraestructura del Reporte de Competitividad Global, pone a Colombia en una posición intermedia entre los países de similares características, al otorgarle 3,7 puntos, frente a los 4,0 y 3,6 que registraron Ecuador y Perú respectivamente. Por otro lado, Chile obtuvo 4,7 puntos, demostrando que hay una gran diferencia en la calidad competitiva de la infraestructura entre los países de la región. Es sabido que Colombia se ha quedado rezagada en su actualización de infraestructura, esto ha generado vías averiadas, congestión, encarecimiento del combustible y de los costos del transporte en general, restando competitividad a la nación. Una comparación de los puntajes obtenidos en la región con el registrado por Alemania hace evidente la brecha aún mayor que existe entre la región y las economías más avanzadas, en este caso el puntaje que registró fue de 6,1, ubicándose en el puesto 8 a nivel mundial.

La comparación realizada para el determinante "Tamaño del mercado" mostró que entre Colombia, y el país número uno en desarrollo de proyectos FV, Alemania, existe un colosal abismo, registrando un tamaño de mercado 2000 veces superior al que presenta Colombia. No obstante, una comparación del indicador tamaño de mercado desarrollado por el Foro Económico Mundial entre los países de la región pone a Colombia por encima del resto, al asignarle 4,7 puntos, entre tanto Chile obtuvo una calificación de 4,5; Perú de 4,4; y Ecuador de 3,9. Lo anterior sugiere que, el tamaño del mercado al que pueden acceder las empresas tanto nacionales como internacionales es mayor en Colombia que en los otros países de la región, incluyendo a Chile. Sin embargo, aunque Colombia tiene un tamaño total de mercado más atractivo respecto a los otros países de la región, en cuanto al tamaño de mercado del sector FV hay un largo camino que recorrer, pues con solo 0,313 MW instalados entre el 2015 y el 2016 se demuestra un incipiente crecimiento del sector, poniendo de manifiesto la necesidad de que existan estímulos que impulsen el crecimiento de la demanda del sector solar.

En el caso del factor "Tasa de crecimiento" del mercado, se procuró realizar un análisis de serie de tiempo sobre la capacidad instalada de proyectos FV en los últimos diez años; sin embargo, la escasez de datos de este tipo en Colombia debido a lo reciente de la industria en el país, impidió la elaboración de un indicador preciso alrededor de este determinante, que permita realizar conclusiones en torno al mismo.

De acuerdo a las industrias relacionadas y de apoyo, tras revisar el indicador de la cuota de valor agregado de la industria de media y alta tecnología en el total de la fabricación del país, se puede concluir que en este caso Colombia presenta ventajas frente a Chile, Ecuador y Perú, al haber registrado un 21,4%, frente al 16,3%, 8,1% y 13,5% obtenido respectivamente por los países de la región. Sin embargo, países como Alemania registran valores en promedio de 60%, alrededor de tres veces más que lo reportado por Colombia.

Otra comparación en relación al gasto de I&D por el gobierno como porcentaje del PIB, para las industrias relacionadas y de apoyo, debido a que estas son industrias innovadoras, pone a Colombia en un lugar intermedio entre los países de la región con características similares, dado que en el país se invierte el 0,195% del PIB, mientras que en Ecuador que tiene una importante ventaja y Perú se invierten el 0,34% y 0,156% respectivamente. Chile, al igual que Ecuador reportó una cifra superior a Colombia, del 0,379%, casi el doble del porcentaje invertido en Colombia. Mientras tanto países como Alemania y Suecia invierten entre el 2,5% y el 3,5% del PIB en I&D, respectivamente.

Colombia tiene la desventaja de que no produce ningún tipo de componente de los sistemas FV, esto hace que el mercado FV dependa del precio de la moneda extranjera, generando incertidumbre, lo cual afecta los planes a largo plazo. Por tanto, es necesaria una transformación gradual de las industrias del país, con miras a crear procesos y productos con mayor valor agregado del que se maneja actualmente. Vale la pena resaltar que son estas industrias periféricas las que por lo general determinan el éxito de las industrias centrales, gracias a los beneficios en temas de costos, cooperación y *know how*, que traen consigo.

De la estructura y rivalidad de la empresa se puede afirmar que, debido a la juventud de esta industria, las empresas aún no han madurado lo suficiente como para establecer estrategias y crear estructuras identificables dentro de la industria. Este es un momento donde la identidad de la industria hasta ahora se define, y serán las empresas, las que con su conocimiento de la demanda podrán darle forma a esta industria. No obstante, se contabilizó la cantidad de empresas existentes en Colombia, registrándose 29, dedicadas al menos a una de las siguientes tareas: diseño, instalación, mantenimiento, comercialización o alquiler de componentes o herramientas para instalar sistemas FV. Las cuales en total han instalado 313 kW (según información provista por el SGI&C).

El papel del gobierno, por otro lado, seguirá siendo protagonista y determinante, sobre todo en épocas tempranas de desarrollo de una industria. Será

responsabilidad de éste si con las herramientas políticas mejora o empeora el sector.

Del total de los determinantes analizados, hay que resaltar que Colombia ocupa un lugar intermedio entre los países de similares características como Perú y Ecuador, en tres de estos indicadores: Calidad en la educación de las matemáticas y las ciencias, Infraestructura, y Gasto en I&D por millón de habitantes. Por otra parte, registra ventaja frente a estos dos países en el indicador de aplicación de patentes en general por millón de habitantes. También registra una ventaja a nivel regional, por encima de Chile, Ecuador y Perú, en los indicadores de tamaño de mercado y de cuota de valor agregado de la industria de la media y alta tecnología en el total fabricado en el país. Lo anterior resalta las debilidades y fortalezas que el país presenta en los diferentes determinantes de la competitividad de las empresas de la industria solar en Colombia, en base a esto las empresas y el gobierno tienen la posibilidad de formular políticas y estrategias que fortalezcan los factores que inciden en la competitividad del sector.

Por otra parte, acerca del papel de los actores públicos y privados en la creación de cambios institucionales, y el trasfondo de la energía solar a nivel mundial y en Colombia se pudo concluir que:

Los gobiernos con sus programas de incentivos crearon legitimidad sociopolítica para la energía solar, dándole su sello de aprobación, mediante la movilización de recursos financieros, como políticos. Con los recursos financieros, los gobiernos permitieron que las empresas invirtieran en la energía solar. Igualmente importante, parece haber sido el impacto simbólico del apoyo político para la energía solar. En el caso de China, Japón y Alemania, los sistemas de incentivos para la energía solar marcaron un cambio en la dirección de la política energética a futuro. Por otra parte, el compromiso a largo plazo de los esquemas también se llevaron la incertidumbre para los inversionistas, construyendo así la confianza de que la energía solar estaría apoyada en bases sostenidas.¹⁹⁸

Los cambios institucionales pueden tener al mismo tiempo un efecto potenciador y perjudicial en el desarrollo de una industria. Mientras que la industria en su conjunto podría beneficiarse de los cambios institucionales cuando permiten madurar a la industria, para empresas específicas dentro de la industria, también podrían tener un efecto perjudicial. En el caso de la industria solar, los cambios

¹⁹⁸ ALDRICH, Howard y FIOL, Marlene. Fools rush in? The institutional context of industry creation. En: Academy of Management Review. Octubre. 1994. vol. 19, no. 4.

institucionales basados en el conocimiento creado por la empresa tienden a desplazar la posición del actor dominante en la industria de una compañía a otra. La creación de nuevos estándares tecnológicos y modelos de negocio asociados tienden a conducir a un deterioro de la posición competitiva de la empresa que dominaba la industria en una etapa anterior de su desarrollo. Cuando la ventaja competitiva cambió dentro de la industria solar, los cambios institucionales también mejoraron la competitividad de la industria solar en su conjunto en relación con la industria energética global mediante el avance hacia la paridad de red. Los cambios institucionales a base de incentivos dirigidos por los gobiernos trajeron un componente espacial para el desarrollo de la industria solar. Si bien las políticas nacionales al principio parecían haber mejorado la posición de las empresas nacionales, debido a un efecto desbordamiento de las empresas extranjeras, con el tiempo estas políticas tuvieron un efecto perjudicial sobre las empresas nacionales. Por último, las reglas para la competencia en la industria solar global no sólo cambiaron de forma continua debido a la competencia entre las empresas, sino también por la que se generaba entre los gobiernos nacionales.¹⁹⁹

La cadena de valor FV es intensiva en energía, y el consumo de electricidad es responsable de aproximadamente el 35% de los costos del silicio policristalino. En este sentido, los bajos precios del silicio que se hacen posibles gracias al predominio de las centrales térmicas de carbón en la mezcla energética China, proporcionan una importante contribución a la reducción de los costes de los paneles solares producidos localmente. Por supuesto, la reducción de los costes derivados de las ganancias en escala y la curva de aprendizaje se encuentran en el núcleo de la hegemonía de mercado de los paneles solares fabricados en China, pero tales factores fueron de hecho posibles por los precios relativamente bajos de la electricidad consumida por las industrias locales. Por lo tanto, la paradoja ambiental de la industria fotovoltaica local es ser competitiva debido a las ventajas ofrecidas por el precio del carbón. En otras palabras, las ventajas del despliegue FV en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero se reducen cuando los paneles solares se producen con electricidad proveniente de plantas de carbón altamente contaminantes, pero la competitividad en el mercado mundial se mide por los precios y no por criterios de evaluación del ciclo de vida.²⁰⁰

Las intervenciones proteccionistas de los países del norte del Atlántico frente a los bajos precios de los paneles solares elaborados por China, que establecen tasas

¹⁹⁹ BOHNSACK, R., et al. The institutional evolution process of the global solar industry: The role of public and private actors in creating institutional shifts. En: *Environmental Innovation and Societal Transitions*. Septiembre. 2016. vol. 20. p. 31.

²⁰⁰ ARNAUD DE LA TOUR, Maththieu y GLACHANT, Yann. Innovation and international technology transfer. The case of the Chinese photovoltaic industry. En: *Energy Policy*. 2011. vol. 39. no. 2.

anti-dumping que van del 18% hasta el 249%, revelan dos contradicciones, por un lado, los países del Atlántico Norte resaltan que los verdaderos obstáculos para lograr un nuevo paradigma energético va mas allá del argumento que culpa a los elevados precios de la electricidad generada por renovables. Sobra mencionar que los paneles solares elaborados en China costaban 30% menos que los hechos en EE.UU. antes de que se aprobaran las tasas anti-dumping, pero una política industrial estrictamente nacionalista tuvo mayor éxito en desplazar otras preocupaciones ambientales universales. Por otro lado, China agravó la "crisis de sobrecapacidad" en el sector FV, lo cual simultáneamente dejó en claro que las políticas de energía renovable diseñadas por las autoridades centrales chinas han sido impulsadas por el "imperativo de crecimiento" en vez del "imperativo verde". Antes de las restricciones comerciales China exportó más del 90% de sus paneles solares, mientras que el despliegue nacional FV no ha sido particularmente relevante.²⁰¹

Cabe resaltar que las restricciones impuestas por los países del Norte no configuran ninguna peculiaridad del campo FV; en vez de ello, ejemplifican uno de los patrones en las relaciones comerciales entre los países del norte del Atlántico y China.

El sector FV colombiano surge en un contexto global en el que Asia es el centro de gravedad de la industria FV. Sin embargo, la situación actual también ha abierto oportunidades de desarrollo para otras economías emergentes. El comercio Sur-Sur es el segmento más dinámico del sistema de comercio internacional y los productos ambientales -para medir, prevenir, limitar, minimizar o corregir daños ambientales-, el cual se convirtió en un componente importante de este crecimiento. Esto también es válido para el caso del mercado FV, para la hegemonía china en este campo no es totalmente contradictorio con una dispersión geográfica de las fabricas solares. En realidad, la industria fotovoltaica todavía está en su fase de consolidación y hay una ventana de oportunidades para el surgimiento de nuevos polos de fabricación junto con la integración simultánea de los mercados globales de energías renovables.²⁰²

Sin embargo, el acceso de nuevos actores mundiales en el campo FV no constituye un proceso espontáneo. Una industria así demanda inversiones de capital altos, así como esfuerzos de I&D para la innovación tecnológica. Por esta

²⁰¹ ZHANG, Sufang, et al. Interactions between renewable energy policy and renewable energy industrial policy. A critical analysis of China's policy approach to renewable energies. En: Energy Policy. 2013. vol. 62.

²⁰² UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. [sitio web]. UNEP. News centre. [Consultado el 29 de Septiembre de 2016]. Disponible en:
<<http://www.unep.org/NewsCentre/default.aspx?DocumentID=2791&ArticleID=10909>>

razón, los reglamentos y las políticas públicas desarrolladas por las instituciones del Estado son factores decisivos para asegurar un cierto nivel de demanda inicial que podría estimular las inversiones en la fabricación energías renovables. De hecho, un análisis detallado muestra claramente que los países con un rendimiento excepcional en el mercado internacional de energías renovables son precisamente aquellos en los que las intervenciones del Estado favorecen la mejora tecnológica y el desarrollo de la cadena de valor local. En el momento actual, los gastos de Colombia en I&D en el campo FV no puede ser comparado con los niveles de las inversiones alemanas y japonesas, los cuales podrían afectar la competitividad colombiana.²⁰³

La consolidación de la industria FV colombiana sigue siendo un proceso constante y sin resolver. En este trabajo se ha sostenido que los altos niveles de radiación solar, y el potencial del mercado interno crean un entorno positivo para el progreso de las empresas solares locales. Sin embargo, la incertidumbre en la situación política y económica, los altos precios de electricidad industrial y el impacto de las altas tasas de interés en los costos del capital, figuran como la debilidad principal de la producción de energía FV de Colombia en su fase inicial. Desde que la fabricación FV se convirtió en un proceso intensivo de energía, es poco probable que Colombia se convierta en un actor global competitivo destacado, a no ser que se reduzcan sus precios de la energía. Las cláusulas de contenido local son entendidas como medidas correctivas para hacer frente a este tipo de barreras y colocar al sector nacional en circunstancias ventajosas para la operación en el mercado interior. No obstante, los obstáculos fiscales y los relativamente altos costos de producción podrían de hecho frenar el desarrollo desde la industria solar local hasta los sectores descendentes de la cadena de valor FV. Especialmente en el caso de que recursos insuficientes y programas de incentivos sean destinados a I&D, Colombia tiende a continuar en una posición subordinada y dependiente de los circuitos FV mundiales, restringido principalmente al montaje de componentes, limitando su potencial en términos de innovación, balanza comercial y creación de puestos de trabajo locales cualificados.²⁰⁴

Así, la configuración de una marco institucional eficaz y transparente, influye en la actividad económica del sector, donde la claridad de las reglas optimiza el consumo, ahorro, producción, e inversión tanto pública como privada, derivando en una reducción de los costos de transacción e impactando positivamente el entorno socioeconómico. Dichos elementos son de relevancia en sectores tan complejos y esenciales como el eléctrico, dado que las decisiones para invertir se toman en horizontes de tiempo a largo plazo y los efectos de aplicar normas que

²⁰³ VIEIRA DE SOUZA, Luis y GILMANOVA, Alina. Towards a sociology of energy and globalization. Interconnectedness, capital, and knowledge in the Brazilian solar photovoltaic industry. En: Energy Research & Social Science. Noviembre. 2016. vol. 21. p. 9.

²⁰⁴ *Ibíd.*

intervengan específicamente la operación del sistema pueden influir en el desarrollo y operación del sector, con consecuencias para toda la población en Colombia.²⁰⁵

²⁰⁵ WIESNER. Op. cit.

BIBLIOGRAFÍA

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE LA AERONAUTICA Y DEL ESPACIO. [sitio web]. Estados Unidos de América: NASA. Global Climate Change, Vital Signs of the Planet. [Consultado el 01 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://climate.nasa.gov/evidence/>>

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS. [sitio web]. Bogotá: ANH. Estadísticas de Producción. Actualizado en agosto del 2016. [Consultado el 23 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.anh.gov.co/Operaciones-Regalias-y-Participaciones/Sistema-Integrado-de-Operaciones/Paginas/Estadisticas-de-Produccion.aspx>>

AGENCIA NACIONAL DE MINERIA (ANM). Carbón. 2015. 2 p. [citado el 23 de Septiembre de 2016]. Disponible en Internet: <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/carbon_0.pdf>

AHUMADA, Eduardo, et al. Modelo de Competitividad Basado en el Conocimiento: el Caso de las Pymes del Sector de Tecnologías de Información en Baja California. En: Revista Internacional Administración & Finanzas. 2012. vol. 5, no. 4. p. 13-27. [citado el 16 de Mayo de 2016]. Disponible en Internet: <<ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/ibf/riafin/riaf-v5n4-2012/RIAF-V5N4-2012-2.pdf>>

ALDRICH, Howard y FIOL, Marlene. Fools rush in? The institutional context of industry creation. En: Academy of Management Review. Octubre. 1994. vol. 19, no. 4, p. 645-670. Disponible en Internet: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.366.2034&rep=rep1&type=pdf>>

ARAQUE, Julián y BLANCO, Francy. Estimación del Potencial Técnico Energético de Recursos Renovables en Zonas No Interconectadas de Colombia, Utilizando Sistemas de Información Geográfica, SIG-Casos de Estudio. Trabajo de grado Ingeniería Química. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química, 2015. 83 p.

ARIAS, Jessica. Modelamiento y Simulación de Curvas de Aprendizaje para Tecnologías de Energía Renovable en Colombia. Trabajo de grado Maestría en Ingeniería de Sistemas. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de la Computación y la Decisión, 2014. 123 p.

ARNAUD DE LA TOUR, Maththieu y GLACHANT, Yann. Innovation and international technology transfer. The case of the Chinese photovoltaic industry. En: Energy Policy. 2011. vol. 39. no. 2, p. 761-770. Disponible en Internet: <https://hal.inria.fr/file/index/docid/498578/filename/CERNA_WP_2010-12.pdf>

AYALA, Gersson y RODRIGUEZ, Angélica. Son Favorables las Energías Renovables para su Implementación? Un Análisis Exergético de los Recursos en el Departamento de Antioquia. Trabajo de grado Economía. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Escuela de Economía, 2014. 133 p.

BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Fossil fuel energy consumption. [Consultado el 30 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://data.worldbank.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS>>

BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Gasto en investigación y desarrollo de Chile. [Consultado el 06 de Octubre de 2016]. Disponible en: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=CL>>

BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Gasto en investigación y desarrollo de Colombia. [Consultado el 06 de Octubre de 2016]. Disponible en: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=CO>>

BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Gasto en investigación y desarrollo de Ecuador. [Consultado el 06 de Octubre de 2016]. Disponible en: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=EC>>

BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Gasto en investigación y desarrollo de Perú. [Consultado el 06 de Octubre de 2016]. Disponible en: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=PE>>

BANCO MUNDIAL. [sitio web]. Población total. [Consultado el 29 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>>

BAZILIAN, Morgan, et al. Re-Considering the Economics of Photovoltaic Power. En: Renewable Energy: An International Journal. 2014. vol. 53. p. 329-338. Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148112007641>>

BEDNAREK, Mariusz y NERI, Juan. Competitiveness Factors of the Candy Industry in San Luis Potosí, México. En: Journal of Intercultural Management, 2014. vol. 6. no. 3. Disponible en Internet: <<https://ideas.repec.org/a/vrs/joinma/v6y2015i3p211-242n16.html>>

BOHNSACK, R., et al. The institutional evolution process of the global solar industry: The role of public and private actors in creating institutional shifts. En: Environmental Innovation and Societal Transitions. Septiembre. 2016. vol. 20. p. 16-32. Disponible en Internet: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2015.10.006>>

BP PLC. Statistical Review of World Energy June 2016. 2016. 48 p. [citado el 15 de Julio de 2016]. Disponible en Internet: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>>

BUENDÍA, Ángela. Caracterización y Evaluación Económica para la Inversión en Plantas Menores a 20 MW Conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia a Partir de Fuentes de Energías Renovables Eólica y Solar. Trabajo de grado Maestría en Ingeniería de Sistemas Energéticos. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de la Computación y la Decisión, 2014. 116 p.

CADENA, Ángela. Acciones y retos para la energización de las ZNI en el país. [diapositivas]. UPME. 2012. 29 diapositivas. Disponible en Internet: <http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/UPME_Simposio_IPSE_Oct2012.pdf>

COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2811 (18, diciembre, 1974). Por la cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Diario Oficial. Bogotá D.C., 1974. No. 34243. [citado el 20 de agosto del 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>>

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio de Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 1993. No. 41146. [citado el 20 de agosto del 2016). Disponible en Internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>>

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 142 (11, julio, 1994). Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 1994. No. 41433. [citado el 20 de agosto del 2016). Disponible en Internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>>

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 143 (11, julio, 1994). Por la cual se establece el régimen para la generación , interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. Diario Oficial. Bogotá D.C., 1994. No. 41434. [citado el 20 de agosto del 2016). Disponible en Internet: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley_143_1994.pdf/c2cfbda4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e>

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 697 (3, octubre, 2001). Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2001. No. 44573. [citado el 19 de agosto del 2016). Disponible en Internet: <<http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/ley-697-2001.pdf>>

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1083 (31, julio, 2006). Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2006. No. 46346. [citado el 21 de agosto del 2016). Disponible en Internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=20869>>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1665. (16, julio, 2013). Por medio de la cual se aprueba el "ESTATUTO DE LA AGENCIA INTERNACIONAL

DE ENERGÍAS RENOVABLES (IRENA)", hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009. Bogotá, D.C., 2013. 63 p.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1715. (13, mayo, 2014). Por la cual se regula a integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Bogotá, D.C., 2014. 26 p.

COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2469 (2, diciembre, 2014). Por la cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración. Bogotá D.C., 2014. 3 p. [citado el 20 de agosto]. Disponible en Internet: <<https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//36864-Decreto-2469-02Dic2014.pdf>>

COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2492 (3, diciembre, 2014). Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda. Bogotá D.C., 2014. 3 p. [citado el 25 de agosto]. Disponible en Internet: <<https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//36863-Decreto-2492-03Dic2014.pdf>>

COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución 024 (13, marzo, 2015). Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2015. 9 p. [citado el 26 de agosto]. Disponible en Internet: <[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/67513914c35d6b8c05257e2d007cf0b0/\\$FILE/Creg024-2015.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/67513914c35d6b8c05257e2d007cf0b0/$FILE/Creg024-2015.pdf)>

COLOMBIA, UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Resolución 0281 (5, junio, 2015). Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala. Bogotá D.C., 2015. 2 p. [citado el 26 de agosto]. Disponible en Internet: <<http://www1.upme.gov.co/sala-de-prensa/secciones-de-interes/resoluciones/res-0281-junio-de-2015-limite-maximo-de-potencia-de>>

COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1623 (11, agosto, 2015). Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y

en las Zonas No Interconectadas. Bogotá D.C., 2015. 12 p. [citado el 20 de agosto]. Disponible en Internet: <<https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//36632-Decreto-1623-11Ago2015.pdf>>

COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2143 (4, noviembre, 2015). Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014. Bogotá D.C., 2015. 12 p. [citado el 25 de agosto]. Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co/Normatividad/Normatividad%20Sectorial/DECRETO_2143_04_NOVIEMBRE_2015.pdf>

COMPITE360. [sitio web]. Colombia. Información empresarial de Colombia. [Consultado el 12 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.compitem360.com/website/Principal.aspx>>

CORPOEMA. Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE). UPME. 2010. vol. 1, 173 p. [Citado el 20 de Junio de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_1_Plan_Desarrollo.pdf>

DE ESPONA, Rafael, J. El Moderno Concepto Integrado de Seguridad Energética. Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE). 2013. 15 p. [citado el 10 de Junio de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2013/DIEEEE032-2013_SeguridadEnergetica_RafaelJ.Espona.pdf>

DEMUNER, María. AGUILERA, María y HERNÁNDEZ, Alejandro. El proceso de competitividad empresarial en PYMES. Universidad Autónoma de México: Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad (SINNCO), 2010. 25 p. [citado el 03 de Mayo del 2016]. Disponible en Internet: <<http://docplayer.es/3480540-El-proceso-de-competitividad-empresarial-en-pymes.html>>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA (DANE). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas. Revisión 4 adaptada para Colombia. 2012. 497 p. [citado el 20 de

Septiembre del 2016]. Disponible en Internet:
<http://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIU_Rev4ac.pdf>

DEPARTMENT OF ENERGY AND CLIMATE CHANGE (Gran Bretaña). Digest of United Kingdom Energy Statistics. London. 2015. 272 p. [citado el 1 de Agosto de 2016]. Disponible en Internet:
<https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/450302/DUKES_2015.pdf>

DIÁZ, Gabriel y SOSA, Juan. Determinantes de la Competitividad Internacional en la Industria Farmacéutica. En: ESIC Management Economic and Business Journal. 2012. vol. 43, no. 2. Disponible en Internet:
<http://www.caribbean.edu/publicaciones/Espanol_Industria%20Farmaceutica.pdf>

FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C. y NELSON, Richard R. The Oxford Handbook of Innovation. New York: Oxford University Press. 2006. 656 p. ISBN 9780199286805.

FORO ECONÓMICO MUNDIAL. [sitio web]. The Global Competitiveness Report 2016-2017. Actualizado en septiembre de 2016. [Consultado el 30 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2016-2017-1>>

FORO ECONÓMICO MUNDIAL. The Global Competitiveness Report 2016-2017. Ginebra: Foro Económico Mundial. 2016. 400 p. Disponible en Internet:
<http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf>

FRAUNHOFER ISE. Recent facts about photovoltaics in Germany. 2016. 91 p. [citado el 29 de Septiembre de 2016]. Disponible en Internet:
<<https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>>

FU, Ran; JAMES, Ted L., y WOODHOUSE, Michael. Economic Measurements of Polysilicon for the Photovoltaic Industry: Market Competition and Manufacturing Competitiveness. En: IEEE Journal of Photovoltaics. Marzo, 2015. vol. 5, no. 2, p. 515-524. Disponible en Internet:

<http://www.nrel.gov/analysis/pdfs/Economic_Measurements_of_Polysilicon_for_the_Photovoltaics_Industry.pdf>

GREENPEACE y EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA). Solar Generation 6. Solar Photovoltaic Electricity Empowering the World. 2011. 100 p. [citado el 20 de Septiembre del 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2011/Final%20SolarGeneration%20VI%20full%20report%20lr.pdf>>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. [sitio web]. IEA. Energy Security. [Consultado el 5 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://www.iea.org/topics/energysecurity/subtopics/whatisenergysecurity/>>

IEA. Energy Technology Perspectives 2014. Harnessing Electricity's Potential. 2014. 382 p. [citado el 15 de Septiembre de 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives2014.pdf>>

IEA. Solar Energy Perspectives: Executive Summary. 2011. 4 p. [citado el 12 de Julio de 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.iea.org/Textbase/npsum/solar2011SUM.pdf>>

IEA. World Energy Outlook 2015, Spanish Translation. 2015. 15 p. [citado el 16 de Junio de 2016]. Disponible en Internet: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015ES_SPANISH.pdf>

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Estadísticas de Energía Renovable 2016. 2016. 300 p. [citado el 10 de Julio de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Statistics_2016.pdf>

IRENA. Renewable Energy and Jobs Annual Review 2016. 2016. 20 p. [citado el 15 de Julio de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf>

IRENA. Renewable energy highlights. 2016. 2 p. [citado el 20 de Septiembre de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_stats_highlights_2016.pdf>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2014: Synthesis Report. 2014. 169 p. [citado el 30 de Junio de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf>

JAIMES, Leydi y SÁNCHEZ, John. Energización de las Zonas No Interconectadas a Partir de Energía Solar, un Análisis Comparativo Para el Caso Colombiano. Trabajo de grado Economía. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Escuela de Economía, 2014. 152 p.

JENNINGS, Philip. New directions in renewable energy education. En: Renewable Energy. 2009. vol. 34. p. 435–439. [citado el 12 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: <https://www.researchgate.net/publication/222524310_New_directions_in_renewable_energy_education>

JIA, Fu; SUN, Hui y KOH, Lenny. Global solar photovoltaic industry: an overview and national competitiveness of Taiwan. En: Journal of Cleaner Production. Julio, 2016. vol. 126, p. 550-562. [citado el 15 de Septiembre de 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616301366>>

KARAKAYA, Emrah y SRIWANNAWIT, Pranpreya. Barriers to the Adoption of Photovoltaics Systems: The State of the Art. En: Renewable and Sustainable Energy Reviews. Septiembre. 2015. vol. 49. p. 60-66. Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115003287>>

KRUGMAN, Paul; OBSTFELD, Maurice y MELITZ, Marc. Economía Internacional: Teoría y Política. 9 ed. Madrid: Pearson Educación, 2012. 721 p.

LEÓN, Esteban y NUÑEZ, Elia. Combustibles Fósiles; Análisis, Impactos y Alternativas, Estudio para el Caso Colombiano. Trabajo de grado Economía.

Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Economía, 2010. 146 p.

MACKAY, David, Sir. Sustainable Energy, Without the Hot Air. Versión 3.5.2. Inglaterra: UIT Cambridge. 2009. 383 p. Disponible en Internet: <<https://www.withouthotair.com/download.html>>

MARSHALL, Alfred. Industry and Trade. London: Macmillan and Co, 1909. 679 p. [citado el 20 de Mayo de 2016]. Disponible en Internet: <<http://socserv.mcmaster.ca/econ/ugcm/3ll3/marshall/Industry&Trade.pdf>>

MARTÍNEZ, Luis. Análisis de la Inclusión y Participación de Grupos Indígenas en el Desarrollo de Proyectos de Fuentes de Energía Renovable. Trabajo de grado Economía. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Escuela de Economía, 2014. 112 p.

MEDINA, Harvey y PIMIENTO, Libardo. Análisis de Sustentabilidad Ambiental de Tecnologías de Generación Eléctrica a Partir de Fuentes Renovables de Energía para Zonas No Interconectadas de Colombia Mediante el Uso de Lógica Difusa. Trabajo de grado Ingeniería Química. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química, 2014. 68 p.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. [sitio web]. Estados Unidos de América : NREL. Life Cycle Assessment Harmonization Results and Findings. Actualizado en julio del 2014. [Consultado el 19 de Agosto de 2016] Disponible en: <http://www.nrel.gov/analysis/sustain_lca_results.html>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. [sitio web]. ONU. El Desarrollo Sostenible. [Consultado el 01 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>>

ONU. [sitio web]. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Consultado el 05 de Julio de 2016]. Disponible en: <<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>>

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. [sitio web]. OIT. Se prevé un aumento del desempleo mundial en 2016 y 2017. Actualizado en enero de 2016. [Consultado el 28 de Agosto de 2016]. Disponible en:

<http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_444114/lang-es/index.htm>

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE). 2016. [Base de datos en línea]. Recuperado de: <<http://stats.oecd.org/index.aspx>>

OCDE. OECD FACTBOOK 2015-2016. Economic, Environmental and Social Statistics. Paris: OCDE. 2016. 227 p. [citado el 12 de Septiembre de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.iberglobal.com/files/2016/oecd_factbook_15_16.pdf>

OSPINO, Ronald y CARTAGENA, Diego. Identificación de soluciones tecnológicas de vanguardia para el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos. Trabajo de grado Ingeniería Eléctrica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Eléctrica. 2015. 142 p.

PASCAL, Daudi. Et al. Porter's Diamond: National Competitiveness in Solar Energy Industry. The Case of Elkem AS in Norway. 2011. 21 p. Disponible en Internet: <<http://ssrn.com/abstract=2078915>>

PIKETTY, Thomas. El Capital en el Siglo XXI. Traducido por Arthur Goldhammer. Londres: Cambridge, 2014. 590 p.

PORTER, Michael. La Ventaja Competitiva de las Naciones. Buenos Aires: Javier Vergara Editor, 1991. 1051 p. ISBN 950-15-1105-7.

PORTER, Michael y KRAMER, Mark. The Competitive Advantage of Corporate Philanthropy. Harvard Business Review. 2002. 16 p. [citado el 15 de Mayo de 2016]. Disponible en Internet: <https://sharedvalue.org/sites/default/files/resource-files/Competitive_Advantage.pdf>

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN21). Renewables 2015. Global Status Report. 2015. 251 p. [citado el 10 de Mayo de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf>

REN21. Renewables 2016. Global Status Report. 2016. 32 p. [citado el 15 de Julio de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings1.pdf>

RIFKIN, Jeremy. La Sociedad de Coste Marginal Cero: el Internet de las Cosas, los Bienes Comunes y el Eclipse del Capitalismo. Estados Unidos: Paidos, 2014. 464 p.

RIFKIN, Jeremy. La Tercera Revolución Industrial: Como el Poder Lateral está Transformando la Energía, la Economía y el Mundo. Barcelona: Paidos, 2011. 397 p.

ROSTOW, Walt. Las Etapas del Crecimiento Económico: Un Manifiesto No Comunista. México: Fondo de Cultura Económica, 1963. 206 p.

SCHUMPETER, Joseph. Capitalismo, Socialismo y Democracia. Traducido por José Díaz. Barcelona: Página Indómita, 2015. vol. 1. 409 p.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO DE LAS FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE (SGI&C-FNCER). 2016. [Base de datos en línea]. Recuperado de: <[http://www1.upme.gov.co/sgic/?q=listado-de-proyectos&&field_fuentes_tid\[0\]=8&field_ejecutor_value=>](http://www1.upme.gov.co/sgic/?q=listado-de-proyectos&&field_fuentes_tid[0]=8&field_ejecutor_value=>)> el 30 de Julio de 2016.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PETRÓLEO Y GAS COLOMBIANO. [sitio web]. Bogotá: SIPG. Principales cifras. [Consultado el 23 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.sipg.gov.co/sipg/Home/SectorHidrocarburos/PrincipalesCifras/tabid/65/language/es-ES/Default.aspx>>

SMITH, Adam. Investigación sobre la Naturaleza y causas de la Riqueza de las Naciones. México: Fondo de Cultura Económica, 1997. 917 p.

SUN, Mei. Et al. A Hierarchical-Network-Model Based Analysis of the Market Characteristics of China's Photovoltaic Enterprises. En: Journal of Renewable and

Sustainable Energy, 2014. Vol. 6. [citado el 01 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: <<http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jrse/6/4/10.1063/1.4890831>>

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. [sitio web]. Bogotá: SIC. Consulta de nuevas creaciones. [Consultado el 01 de Octubre de 2016]. Disponible en: <http://serviciospub.sic.gov.co/~oparra/serv_57/externas/datospatente.php>

TESLA MOTORS. [sitio web]. Powerwall. [Consultado el 01 de Agosto de 2016]. Disponible en: <<https://www.tesla.com/powerwall>>

TINJACÁ, Nelson y ALVAREZ, Julio. Ciudad y Petróleo. Un Análisis de la Influencia de la Industria del Petróleo en las Transformaciones de la Ciudad de Barrancabermeja (2000-2009). Trabajo de grado Economía. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Escuela de Economía, 2012. 105 p.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). [sitio web]. Colombia: UPME. Atlas de Radiación Solar de Colombia 2005. [Consultado el 10 de Junio del 2015]. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Atlas_Radiacion.htm>

UPME. Evaluación de la Contribución Económica del Sector de Hidrocarburos Colombiano frente a Diversos Escenarios de Producción. 2015. 51 p. [citado el 20 de Junio de 2016]. Disponible en Internet: <http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/news/3828/files/resumen_fedesarrollo_mme_final.pdf>

UPME. Integración de las Energías Renovables No Convencionales en Colombia. MINMINAS. 2015. 188 p. [citado el 2 de Mayo de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf>

UPME. Proyección de Precios de los Energéticos para Generación Eléctrica. Enero 2016-Diciembre 2035. 2016. 118 p. [citado el 10 de Septiembre de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co/SeccionHidrocarburos_sp/Publicaciones/2016/Proyeccion_de_los_precios_de_los_combustibles_junio_2016.pdf>

UPME. Registro de Proyectos de Generación. 2016. 16 p. [citado el 30 de Julio de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.siel.gov.co/Generacion_sz/Inscripcion/2016/Registro_Proyectos_Generacion_Jun2016.pdf>

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. [sitio web]. UNEP. News centre. Actualizado en Junio de 2014. [Consultado el 29 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.unep.org/NewsCentre/default.aspx?DocumentID=2791&ArticleID=10909>>

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). Industrial Development Report 2016. Vienna: UNIDO. 2015. 286 p. [citado el 04 de Septiembre de 2016]. Disponible en Internet: <https://www.unido.org/fileadmin/user_media_upgrade/Resources/Publications/EBO_OK_IDR2016_FULLREPORT.pdf>

VIEIRA DE SOUZA, Luis y GILMANOVA, Alina. Towards a sociology of energy and globalization. Interconnectedness, capital, and knowledge in the Brazilian solar photovoltaic industry. En: Energy Research & Social Science. Noviembre. 2016. vol. 21. p. 145-154. Disponible en Internet: <https://www.researchgate.net/publication/305846270_Towards_a_sociology_of_energy_and_globalization_Interconnectedness_capital_and_knowledge_in_the_Brazilian_solar_photovoltaic_industry>

WEBER, Alfred. The Theory of the Location of Industries, Translated with Introduction and notes by C. J. Friederich. Estados Unidos: University of Chicago Press, 1929. 302 p. [citado el 16 de Mayo de 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/Libro%20de%20Weber.pdf>>

WIESNER, Eduardo. La efectividad de las políticas públicas en Colombia: Un análisis neoinstitucional. 1 ed. Bogotá: Tercer Mundo Editores: Departamento Nacional de Planeación, 1997. 308 p.

XM S.A. E.S.P. [sitio web]. Bogotá: XM. Demanda de energía 2014. Actualizado en enero del 2015. [Consultado el 20 de Septiembre del 2016]. Disponible en: <<http://www.xm.com.co/Pages/DemandaEnergia-2014.aspx>>

XM S.A. E.S.P. [sitio web]. Bogotá: XM. Precio de la energía eléctrica. [Consultado el 21 de Septiembre del 2016]. Disponible en:
<<http://www.xm.com.co/PortalInformacion/Paginas/default.aspx?tabId=Oferta> >

YETTON, Philip, et al. Are Diamonds a Country's Best Friend? A Critique of Porter's Theory of National Competition as Applied to Canada, New Zealand and Australia. En: Australian Journal of Management. Enero, 1992. vol. 17, no. 1, p. 89-119. [citado el 12 de Agosto]. Disponible en Internet:
<https://www.researchgate.net/publication/266476503_Are_diamonds_a_country's_best_friend_A_critique_of_Porter's_theory_of_national_competition_as_applied_to_Canada_New_Zealand_and_Australia_P_Yetton_J_Craig_J_Davis_F_Hilmer_Australian_Journal_of_Manage>

ZAPATA, Manuela. Políticas para la Autogestión de Electricidad en el Sector Residencial Urbano de Colombia. Trabajo de grado Maestría en Ingeniería de Sistemas. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de la Computación y la Decisión, 2014. 181 p.

ZHANG, Sufang, et al. Interactions between renewable energy policy and renewable energy industrial policy. A critical analysis of China's policy approach to renewable energies. En: Energy Policy. 2013. vol. 62. p. 342-353

ANEXOS

Anexo A. Conteo de Proyectos según Fecha de Registro y Fase de registro

Cuenta de PROYECTO	Fase del Proyecto			
Fecha de Registro	1	2	3	Total general
31/01/2014			1	1
Cantidad Por Año				1
16/03/2015	1			1
01/06/2015	1			1
13/07/2015	2			2
15/07/2015	1			1
14/10/2015	1			1
Cantidad Por Año				6
04/04/2016	1			1
05/04/2016	1			1
12/05/2016			1	1
13/05/2016	2		1	3
17/05/2016	6			6
20/05/2016	1			1
10/06/2016	22			22
17/06/2016	1			1
20/06/2016	2			2
27/06/2016		1		1
Cantidad Por Año				39
Total general	42	1	3	46

Anexo B. Suma de Capacidad Registrada en MW y Fase de registro por Departamento

Suma de CAPACIDAD (MW)	Fase del Registro			Total general
	1 Cant. Proyectos	2 Cant. Proyectos	3 Cant. Proyectos	
ATLÁNTICO	128,7306	8		128,7306
BOLIVAR	9,91	2		9,91
CESAR	71,8	4	19,9	91,7
CÓRDOBA	139,3	7		139,3
CUNDINAMARCA	0,306	2		0,3413
HUILA	99,5	5		99,5
META	99,508	6		99,508
NORTE DE SANTANDER	0,022	5		0,022
SANTANDER	0,86	1		0,86
SUCRE			19,9	19,9
VALLE DEL CAUCA	0,1454	2		0,1454
Total general	550,082	42	19,9	589,9173

Anexo C. Suma de Capacidad Registrada en MW y Fase de registro por Municipio

	Fase del Proyecto						Total Suma de CAPACIDAD (MW)	Total Cuenta de PROYECTO
	1		2		3			
	Suma de CAPACIDAD	Cuenta de PROYECTO	Suma de CAPACIDAD	Cuenta de PROYECTO	Suma de CAPACIDAD	Cuenta de PROYECTO		
ATLÁNTICO	128,7306	8					128,7306	8
BARANOA	19,3	1					19,3	1
BARRANQUILLA	0,0306	1					0,0306	1
POLONUEVO	9,9	1					9,9	1
SABANALARGA	99,5	5					99,5	5
BOLIVAR	9,91	2					9,91	2
CARTAGENA	0,01	1					0,01	1
SANTA ROSA DE LIMA	9,9	1					9,9	1
CESAR	71,8	4	19,9	1			91,7	5
BOSCONIA	16	1					16	1
VALLEDUPAR	55,8	3	19,9	1			75,7	4
CÓRDOBA	139,3	7					139,3	7
MONTELÍBANO	139,3	7					139,3	7
CUNDINAMARCA	0,306	2			0,0353	2	0,3413	4
BOGOTÁ	0,306	2			0,0353	2	0,3413	4
HUILA	99,5	5					99,5	5
ALTAMIRA	99,5	5					99,5	5
META	99,508	6					99,508	6
PUERTO GAITÁN	99,5	5					99,5	5
RESTREPO	0,008	1					0,008	1
NORTE DE SANTANDER	0,022	5					0,022	5
CUCUTA	0,005	3					0,005	3
DURANIA	0,002	1					0,002	1
OCAÑA	0,015	1					0,015	1
SANTANDER	0,86	1					0,86	1
BARICHARA	0,86	1					0,86	1
SUCRE					19,9	1	19,9	1
TOLUVIEJO					19,9	1	19,9	1
VALLE DEL CAUCA	0,1454	2					0,1454	2
GUADALAJARA DE BUGA	0,111	1					0,111	1
YUMBO	0,0344	1					0,0344	1
Total general	550,082	42	19,9	1	19,9353	3	589,9173	46

Anexo D. Suma de Capacidad Registrada en MW, Empresas Promotoras, Departamentos, y Fase de registro

Suma de CAPACIDAD (MW) EMPRESA PROMOTORA Y DEPARTAMENTO	FASE DEL PROYECTO			Total general
	1	2	3	
AS I BARANOA S.A.S.	19,3			19,3
ATLÁNTICO	19,3			19,3
AS II POLONUEVO S.A.S.	9,9			9,9
ATLÁNTICO	9,9			9,9
AWARALA CENTRAL ELECTRICA S.A. E.S.P.			19,9	19,9
SUCRE			19,9	19,9
CS I VALLEDUPAR S.A.S.	19,9			19,9
CESAR	19,9			19,9
CS II BOSCONIA S.A.S.	16			16
CESAR	16			16
CS III S.A.S.	16			16
CESAR	16			16
DATECSA S.A.	0,0344			0,0344
VALLE DEL CAUCA	0,0344			0,0344
EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTANDER ESANT S.A. E.S.P.	0,86			0,86
SANTANDER	0,86			0,86
EPSA E.S.P.	9,9			9,9
BOLIVAR	9,9			9,9
ESE HOSPITAL EMIRO QUINTERO CAÑIZARES	0,015			0,015
NORTE DE SANTANDER	0,015			0,015
ESTRELLA SUCURSAL COLOMBIA	0,04			0,04
BOLIVAR	0,01			0,01
CUNDINAMARCA	0,03			0,03
GREEN CARIBBEAN S.A.S.	19,9	19,9		39,8
CESAR	19,9	19,9		39,8
INSEPET S.A.S.			0,027	0,027
CUNDINAMARCA			0,027	0,027
JAIRO DE JESUS CONTRERAS RINCON	0,008			0,008
META	0,008			0,008
JUAN VICENTE ACEVEDO PEREZ	0,002			0,002
NORTE DE SANTANDER	0,002			0,002
LEONARDO PARADA ISCALA	0,001			0,001
NORTE DE SANTANDER	0,001			0,001
OSCAR ALONSO MUNERA SALAZAR			0,0083	0,0083
CUNDINAMARCA			0,0083	0,0083
PEDRO PARADA ISCALA	0,001			0,001
NORTE DE SANTANDER	0,001			0,001
PLANTA DE SACRIFICIO DE AVES ROSA BLANCA S.A.S.	0,003			0,003
NORTE DE SANTANDER	0,003			0,003
RYMEL INGENIERIA ELÉCTRICA S.A.S.	0,276			0,276
CUNDINAMARCA	0,276			0,276
SOLAR GREEN	437,8			437,8
ATLÁNTICO	99,5			99,5
CÓRDOBA	139,3			139,3
HUILA	99,5			99,5
META	99,5			99,5
SOLARMACHT S.A. E.S.P.	0,0306			0,0306
ATLÁNTICO	0,0306			0,0306
SYNKROM SOLAR S.A.S.	0,111			0,111
VALLE DEL CAUCA	0,111			0,111
Total general	550,082	19,9	19,9353	589,9173

Anexo E. Inconsistencias Presentadas en la revisión de datos del SGI&C

Nota 1: Cuando se corrobora la claridad de los datos con el filtro por departamentos se encontró que en Antioquia se tenían en cuenta 86 kW que correspondían a un estudio de consultoría para un proyecto en Chile, existiendo por tanto registrado un total de 2kW de capacidad registrados en el SGIC correspondientes al departamento de Antioquia, no obstante, hasta que se corrobore una falla en la descripción del proyecto, o se corrija un error en la contabilidad del SGIC, el excedente que aparece registrado en el SGIC no será tenido en cuenta en esta revisión.

Nota 2: 18 kW, de los 38 kW totales de capacidad añadida en Bogotá fueron omitidos por la contabilidad por regiones del portal SGIC, asignándole a Bogotá 20 kW de capacidad añadida en energía FV. Mientras que el portal se encarga de contabilizarlos, en esta revisión serán tenidos en cuenta los 38 kW de capacidad añadida en Bogotá.

Anexo F. Cantidad de proyectos Termosolares de I&D según el Ejecutor, el Financiador, la Tecnología utilizada y el tipo de Iniciativa

Proyectos de I&D			
Ejecutor, Financiador, Tecnología	Iniciativa		Total general
	Mixta	Privada	
Juan Alejandro Chica García		1	1
Grupo de Investigación EcoEnergy		1	1
Otros: Software		1	1
Mauricio Lopez		1	1
Arq. Bioclimatica Ltda.		1	1
Otras: Asistencia Técnica		1	1
Sergio Rivera, PhD	1		1
Universidad Nacional de Bogotá	1		1
Otros: Software	1		1
Universidad Pontificia Bolivariana	1		1
Colciencias	1		1
Colectores solares planos	1		1
Total general	2	2	4

Anexo G. Cantidad de proyectos Termosolares Comerciales según el Ejecutor, el Financiador, y el tipo de Iniciativa

Proyectos Comerciales			
Ejecutor y Financiador	Iniciativa		Total
	Privada	Pública	general
Ecosistemas y Soluciones S.A.S	2	1	3
Privado	2		2
N/A		1	1
Eficiencia Energética de Colombia, ENECO S.A.S		1	1
N/A		1	1
GIE S.A.S	1		1
Privado	1		1
Gustavo Montealegre	1		1
Privado	1		1
Hybrytec	1	2	3
Empresa de Desarrollo Urbano- EDU, Constructora CONCIVE S.A		1	1
Parques Nacionales		1	1
Universidad Nacional, IPSE	1		1
Total general	5	4	9

Anexo H. Cantidad de proyectos FV de I&D según el Estado del proyecto

Proyectos I&D	
Estado del Proyecto	Cantidad de Proyectos
En construcción	1
En desarrollo	9
En Funcionamiento	4
Finalizado	5
Propuesta	4
Total general	23

Anexo I. Cantidad de proyectos FV Comerciales según el Estado del proyecto

Proyectos Comerciales	
Estado del Proyecto	Cantidad de Proyectos
En construcción	2
En Funcionamiento	30
En planeación	15
Total general	47

Anexo J. Capacidad instalada de proyectos FV Comerciales según el Estado del proyecto

	Estado del Proyecto			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Suma de Capacidad (Kw)	336	313,49	21709	22358,49

Anexo K1. Iniciativas de proyectos FV Comerciales según Cantidad y el Estado del proyecto

Proyectos Comerciales				
Iniciativa	Estado del Proyecto			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Mixta		5	5	10
Privada	1	22	9	32
Pública	1	3	1	5
Total general	2	30	15	47

Anexo L. Iniciativas de proyectos FV Comerciales según Capacidad Instalada en kW y Estado del proyecto

Proyectos Comerciales				
Iniciativa	Estado del Proyecto			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Mixta		7,34	790	797,34
Privada	36	277,77	20601	20914,8
Pública	300	28,38	318	646,38
Total general	336	313,49	21709	22358,5

Anexo M. Iniciativas de proyectos FV de I&D según Cantidad y el Estado del proyecto

Proyectos de I&D						
Iniciativa	Estado del Proyecto					Total general
	En construcción	En desarrollo	En Funcionamiento	Finalizado	Propuesta	
Mixta	1	2	1	2	1	7
Privada		4	3	1		8
Pública		3		2	3	8
Total general	1	9	4	5	4	23

Anexo N2. Capacidad Instalada en kW de proyectos comerciales FV por Departamentos y Estado del proyecto

Proyectos Comerciales				
Departamento	Estado del Proyecto			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Antioquia			2	2
Arauca				318
Archipiélago de San Andres y providencia			25	25
Atlántico			3,14	487,14
Bogotá DC			38,5	20548,5
Bolívar			5	5
Boyacá			4,76	4,76
Cauca				100
Choco			169	169
Córdoba			2,34	2,34
Cundinamarca			3,78	3,78
La Guajira	300		1	301
Magdalena			3	3
Meta			0,49	0,49
Nariño				290
Norte de Santander	36		42	78
Risaralda			2,4	2,4
Santander			3	3
Valle del Cauca			1	7
Vichada			7,08	7,08
Total general	336	313,49	21709	22358,49

Anexo Ñ. Cantidad de proyectos FV de I&D por Departamentos y Estado del proyecto

Departamento	Proyectos de I&D					Total general
	Estado del Proyecto					
	En construcción	En desarrollo	En Funcionamiento	Finalizado	Propuesta	
Amazonas			1			1
Antioquia					1	1
Bogotá DC	1		4	1		7
Boyacá			1			1
Cauca					1	1
Cundinamarca				2		2
Meta			1			1
Nariño			1			1
Norte de Santander					1	1
Valle del Cauca			1	1	3	5
Vichada					1	1
Total general	1		9	4	5	4
					4	23

Anexo O3. Capacidad Instalada en kW de proyectos comerciales FV por Municipios y Estado del proyecto

Proyectos Comerciales				
Municipio	Estado del Proyecto			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Arauca			318	318
Barbosa		2		2
Barrancabermeja		1		1
Barranquilla		3,14	240	243,14
Bogotá DC		38,5	20510	20548,5
Cajicá		1,38		1,38
Cali		1	1	2
Cartagena		5		5
Chinácota		1,5		1,5
Cucuta	36	3,7		39,7
Cumaribo		7,08		7,08
Dibulla		1		1
Galapa			244	244
Lorica		2,34		2,34
Los Patios		30		30
Medellin		2		2
Miranda			100	100
Nobsa		4,76		4,76
Nuqui		169		169
Paratebueno		1,44		1,44
Pasto			240	240
Pereira		2,4		2,4
Salazar		2		2
San Andrés		25		25
San Lorenzo				
Santa Cruz			50	50
Taminango				
Toledo		1,8		1,8
Uribe	300			300
Villa de Rosario		3		3
Villavicencio		0,49		0,49
Yacopi		0,96		0,96
Yumbo			6	6
Zona Bananera		3		3
Total general	336	313,49	21709	22358,49

Anexo P4. Cantidad de proyectos FV de I&D por Municipios y Estado del proyecto

Proyectos I&D						
Municipio	Estado del Proyecto					Total general
	En construcción	En desarrollo	En Funcionamiento	Finalizado	Propuesta	
Bogotá DC	1	4		1	1	7
Buenaventura					1	1
Cali		1			1	2
Leticia		1				1
Medellín					1	1
Nemocón				2		2
Pamplona					1	1
Pasto		1				1
Popayán					1	1
Puerto Carreño					1	2
Sevilla				1		1
Tunja		1				1
Villavicencio		1				1
Yumbo					1	1
Total general	1	9		4	5	23

Anexo Q. Financiadores de proyectos comerciales FV, según cantidad de proyectos tipo de financiación (iniciativa), y estado de los proyectos

Proyectos Comerciales					
Financiador	Tipo de Financiación	Estado de los Proyectos			Total general
		En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Acción Social	Privada			1	1
Banca Multilateral	Mixta			1	1
Banco Mundial, Colciencias	Mixta			1	1
Bancoldex	Privada			1	1
Cargando S.A., Constructora Métrica + Ciudad	Privada			1	1
Cooperativa de educadores de Risaralda	Privada			1	1
EEDAS S.A. E.S.P	Pública			1	1
Embajada de Japon	Privada			2	2
Empresa de Energía de Cundinamarca	Mixta			2	2
Fondo de Inversión	Privada			1	1
Fundación Aramaçao	Privada			1	1
GIMECOL SOLAR	Privada			1	1
Gobernación de Arauca	Pública			1	1
IPSE	Pública	1			1
JJ Inversiones S.A	Privada			1	1
Mixto	Mixta			1	1
municipio de Salazar de LasPalmas	Pública			1	1
N/A	Mixta			4	4
Patrimonio Natural	Privada			1	1
Privada	Privada	1		14	21
Universidad Militar Nueva Granada	Pública			1	1
(en blanco)	Privada			1	1
Total general		2		30	47

Anexo R. Financiadores de proyectos comerciales FV, según capacidad instalada en kW, tipo de financiación (iniciativa), y estado de los proyectos

Proyectos Comerciales					
Financiador	Tipo de Financiación	Estado de los Proyectos			Total general
		En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Acción Social	Privada		1		1
Banca Multilateral	Mixta			500	500
Banco Mundial, Colciencias	Mixta				
Bancoldex	Privada			244	244
Cargando S.A., Constructora Métrica + Ciudad	Privada		4,76		4,76
Cooperativa de educadores de Risaralda	Privada		2,4		2,4
EEDAS S.A. E.S.P	Pública		25		25
Embajada de Japon	Privada		9		9
Empresa de Energía de Cundinamarca	Mixta		2,4		2,4
Fondo de Inversión	Privada				
Fundación Aramacao	Privada		7,08		7,08
GIMECOL SOLAR	Privada		1		1
Gobernación de Arauca	Pública			318	318
IPSE	Pública	300			300
J1 Inversiones S.A	Privada		3		3
Mixto	Mixta		1,8		1,8
municipio de Salazar de LasPalmas	Pública		2		2
N/A	Mixta			290	290
Patrimonio Natural	Privada		160		160
Privada	Privada	36	92,67	357	485,67
Universidad Militar Nueva Granada	Pública		1,38		1,38
(en blanco)	Privada			20000	20000
Total general		336	313,49	21709	22358,49

Anexo S. Financiadores de proyectos de I&D FV, según cantidad de proyectos, tipo de financiación (iniciativa), y estado de los proyectos

Proyectos de I&D							
Financiadores	Tipo de Financiación	Estado de los proyectos					Total general
		En construcción	En desarrollo	En Funcionamiento	Finalizado	Propuesta	
Colciencias	Pública / Mixta		1		1	2	4
Empresa de energía del pacifico EPSA	Privada				1		1
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia	Mixta				1		1
Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Sistema General de Regalías	Mixta		1				1
Grupo de Investigación EcoEnergy	Privada		1				1
Hospital Universitario del Valle	Pública				1		1
Ministerio Alemán de Cooperación	Mixta		1		1	1	3
Pontificia Universidad Javeriana	Privada			2			2
Smart Energy Solutions S.A.S	Privada		1				1
UAESP	Pública					1	1
Univarsidad Nacional de Colombia	Mixta	1					1
Universidad Antonio Nariño	Privada				1		1
Universidad de la Salle	Privada		1				1
Universidad de Pamplona	Pública				1		1
Universidad del Valle	Pública		1				1
Universidad Minuto de Dios CR Soacha	Privada		1				1
Universidad Nacional de Colombia	Pública		1				1
Total general		1	9	4	5	4	23

Anexo T. Tipo de Conexión de los proyectos comerciales FV, según cantidad de proyectos, y estado de los proyectos

Proyectos Comerciales				
Tipo de Conexión	Estado de los Proyectos			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Aislado al SI	1	19	3	23
Conectado al SI	1	7	7	15
ZNI		4	3	7
(en blanco)			2	2
Total general	2	30	15	47

Anexo U. Tipo de Conexión de los proyectos comerciales FV, según capacidad instalada de proyectos en kW, y estado de los proyectos

Proyectos Comerciales				
Tipo de Conexión	Estado de los Proyectos			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Aislado al SI	300	209,11	240	749,11
Conectado al SI	36	97,9	20595	20728,9
ZNI		6,48	868	874,48
(en blanco)			6	6
Total general	336	313,49	21709	22358,49

Anexo V. Ejecutores de proyectos comerciales FV, según cantidad de proyectos, y estado de los proyectos

Proyecto Comercial				
Ejecutor	Estado de los Proyectos			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Acquaire Ltda			1	1
Aprotec S.A.S			1	1
ARC. Ingenierías y redes estructuradas			1	1
Asomaroquia				1
CIDET			1	1
Colombinvest S.A.S			1	1
Consorcio Inel & Suel	1			1
Consorcio Salamanca - Caribe			1	1
Ecosistemas y soluciones SAS			1	1
Eficiencia Energética de Colombia ENECO S.A.S			1	1
ELECSILON S.A.S			1	1
Empresa de energía de Arauca				1
Erco Energía S.A.S			1	1
GIMECOL SOLAR			1	1
Green Caribbean S.A.S				1
Gustavo Montealegre				1
Hernando García				1
Hybrytec			4	5
Ingelnet de Colombia S.A.S				2
INGEREMA S.A.S				1
ITACO Energy SAS			1	1
Johnson & Johnson				1
Juan Manuel Becarías Morales			1	1
Quantum Energy Ingeniería	1		2	3
SEI Energy S.A.S			4	4
Smart Green Colombia S.A.S			7	7
SOFOS Energia Colombia S.A.S				1
Universidad de Nariño, PERS-Nariño				4
Total general	2		30	47

Anexo W. Ejecutores de proyectos comerciales FV, según capacidad instalada de proyectos en kW, y estado de los proyectos

Proyecto Comercial				
Ejecutor	Estado de los Proyectos			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Acquire Ltda			25	25
Aprotec S.A.S			2,4	2,4
ARC. Ingenierías y redes estructuradas			3	3
Asomaroquia				500
CIDET				
Colombinvest S.A.S			18,5	18,5
Consorcio Inel & Suel	300			300
Consorcio Salamanca - Caribe			3,14	3,14
Ecosistemas y soluciones SAS			20	20
Eficiencia Energética de Colombia ENECO S.A.S			1	1
ELECSILON S.A.S			4,76	4,76
Empresa de energía de Arauca				318
Erco Energía S.A.S			2	2
GIMECOL SOLAR			1	1
Green Caribbean S.A.S				20000
Gustavo Montealegre				10
Hernando García				1
Hybrytec			8,34	8,34
Ingelnet de Colombia S.A.S				484
INGEREMA S.A.S				
ITACO Energy SAS			1,38	1,38
Johnson & Johnson				6
Juan Manuel Becaría Morales			2	2
Quantum Energy Ingeniería	36		5,5	41,5
SEI Energy S.A.S			36,5	36,5
Smart Green Colombia S.A.S			178,97	178,97
SOFOS Energia Colombia S.A.S				100
Universidad de Nariño, PERS-Nariño				290
Total general	336	313,49	21709	22358,49

Anexo X. Ejecutores de proyectos FV de I&D, según cantidad de proyectos, y estado de los proyectos

Ejecutor	Proyectos de I&D					Total general
	Estado del Proyecto					
	En construcción	En desarrollo	En Funcionamiento	Finalizado	Propuesta	
CIDET					1	1
Desolcon Andina S.A.S				1	1	2
Eduardo Mojica Nava		1				1
Elkin Florez				1		1
Empresa de energía del pacífico EPSA				1		1
Indico Soluciones S.A.S				1		1
Juan Alejandro Chica García		1				1
Julián Alberto Patiño Murillo					1	1
Laboratorio de ensayos eléctricos industriales			1			1
Sergio Rivera, PhD		1				1
Smart Energy Solutions S.A.S			1			1
Smart Green Colombia S.A.S				3		3
SSFAP - UAESP					1	1
SUNSET SOLAR - SENA		1		1	1	3
Universidad de la Salle		1				1
Universidad de Nariño, Universidad delos Andes, ASC Ingeniería SA ESP			1			1
Universidad del Valle			1			1
Universidad Minuto de Dios CR Soacha			1			1
Total general	1	9	4	4	5	23

Anexo Y. Energía Mensual (Kw/mes) de proyectos FV comerciales, según Departamento, Municipio y Estado del Proyecto

Proyectos comerciales				
Departamento y Municipio	Estado de los Proyectos			Total general
	En construcción	En Funcionamiento	En planeación	
Antioquia		252		252
Medellín		252		252
Arauca			43031	43031
Arauca			43031	43031
Archipiélago de San Andrés y providencia				
San Andrés				
Atlántico		215		215
Barranquilla		215		215
Galapa				
Bogotá DC		2500	1200	3700
Bogotá DC		2500	1200	3700
Bolívar		150		150
Cartagena		150		150
Boyacá		856,8		856,8
Nobsa		856,8		856,8
Cauca			6855	6855
Miranda			6855	6855
Choco		784		784
Nuqui		784		784
Córdoba				
Lorica				
Cundinamarca		374		374
Cajicá		126		126
Paratebueno		150		150
Yacopi		98		98
La Guajira	800	188		988
Dibulla		188		188
Uribe	800			800
Magdalena		30		30
Zona Bananera		30		30
Meta		52		52
Villavicencio		52		52
Nariño			1510400	1510400
Pasto			10400	10400
San Lorenzo				
Santa Cruz			1500000	1500000
Taminango				
Norte de Santander		5810		5810
Chinácota		200		200
Cucuta		540		540
Los Patios		4100		4100
Salazar		270		270
Toledo		290		290
Villa de Rosario		410		410
Risaralda		260		260
Pereira		260		260
Santander		190		190
Barbosa		120		120
Barrancabermeja		70		70
Valle del Cauca		1100	954	2054
Cali		1100	54	1154
Yumbo			900	900
Vichada		25		25
Cumaribo		25		25
Total general	800	12786,8	1562440	1576026,8

Anexo Z. Comparación de las bases de datos de proyectos FV comerciales del Informe de Registro de Proyectos de la UPME y el SGI&C

Cantidad de proyectos:

Informe: Total: 46. Prefactibilidad: 42. Factibilidad: 1. Ejecución: 3.

SGI&C: Total: 47. En planeación: 15. En construcción: 2. En func.: 30.

Capacidad en MW:

Informe: Total: 589,92. Prefactibilidad: 550,082. Factibilidad: 19,9. Ejecución: 19,9353.

SGI&C: Total: 22,358. En planeación: 21,709. En construcción: 0,336. En func.: 0,3134.

Dptos. destacados por proyectos en func.:

Informe: Sucre: 19,9 MW (1); Cundinamarca: 0,0353 (2).

SGI&C: Chocó: 169 kW (3) ; Norte de Santander: (6). Bogotá D.C.: (2).

Dptos. destacados por proyectos en planeación:

Informe: Córdoba: 139 MW (7); Atlántico: 128 MW (8); Meta: 99 MW (6).

SGI&C: Bogotá D.C.: 20.510 kW (3); Atlántico: 484 kW (3); Arauca: 318 kW (1).

Empresas promotoras de proyectos en func. por capacidad en kW:

Informe: Awarala Central Eléctrica S.A. (19.900) ; INSEPET S.A.S. (27,00) ; Oscar Alonso Múnera (8,3).

SGI&C: Smart Green Colombia S.A.S. (178,97); SEI Energy S.A.S. (36,5); Acquire Ltda. (25)

Empresas promotoras de proyectos en planeación por capacidad en kW:

Informe: Solar Green (437.800); CS I Valledupar S.A.S (19.900); Green Caribbean S.A.S. (19.900).

SGI&C: Green Caribbean S.A.S (2.000); Asomaroquia (500); Ingelnet de Colombia S.A.S. (484).

PROYECTOS GREEN CARIBBEAN S.A.S.:

Informe: CESAR, VALLEDUPAR, Proyecto Manantial (19,9 MW).

SGI&C: BOGOTA D.C., BOGOTA D.C., Proyecto Manatial 1 (2000 Kw).

