



**CONGRESO
ACADÉMICO
UDI - 2018**

**24
25
26** **Octubre** **2018**

UDI UNIVERSIDAD
DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO

Informes e Inscripciones
Vicerrectoría Académica
Tel. (7) 6356332
e - mail: congreso@udi.edu.co

COLECTOR SOLAR CILÍNDRICO PARABÓLICO PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: Una Discusión de los principales avances en Colombia y el Mundo junto con las normas aplicables en el ámbito nacional



Brayan Eduardo Tarazona Romero
Unidades Tecnológicas de Santander,
Bucaramanga, Colombia.
btarazona@correo.uts.edu.co

RESEÑA ACADÉMICA

Ingeniero electromecánico, Unidades tecnológicas de Santander. Candidato a Master en Energías Renovables y Eficiencia Energética, Universidad a Distancia de Madrid, España. Adscrito al Grupo de Investigación en sistemas de energía, automatización y control – GISEAC de las unidades tecnológicas de Santander.

RESUMEN

Los colectores solares cilindro parabólico se emplean en las centrales termosolares para la generación de electricidad aprovechando la radiación solar. En Colombia el uso de este tipo de energía renovable no convencional ha tenido un proceso lento, casi nulo de aplicación y uso a diferencia de gran cantidad de países a nivel mundial, los cuales tienen avances muy significativos en este campo. Con la presente divulgación se busca responder dos inquietudes en las que tienen que ver el aspecto tecnológico y la normatividad a la que se enfrentan los futuros proyectos que empleen ese principio en Colombia.

Palabras clave: Colector, Generación, Parabólico, marco legal, eficiencia.

INTRODUCCION

Las energías renovables son fuente de energías limpias, inagotables como en el caso de radiación solar y crecientemente competitivas. No producen gases de efecto invernadero, diferencia significativa al momento de competir con combustibles fósiles. Tienen gran diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta. Existe gran diversidad en energías renovables y renovables no convencionales como son: eólica, solar fotovoltaico, solar térmico, hidráulico, biomasa, geotérmica, biodiesel, entre otras., implementadas en gran parte de economías de países desarrollados.

A nivel mundial los gobiernos se han propuesto desafíos a corto, mediano y largo plazo, con el fin de cubrir un porcentaje considerable de la demanda energética en sus países, incluyendo energías limpias en el mix de generación. Colombia tiene la necesidad de adoptar sistemas renovables no convencionales para la producción eléctrica, ya que la demanda energética del país es cubierta en más del 70 % por la generación hidroeléctrica, si la comparamos con la cogeneración que solo aporta el 1 % aproximadamente del consumo, es evidente que hay un camino largo por recorrer frente a la insuficiencia de implementación de dichas tecnologías actualmente. El aprovechamiento de la radiación solar, se centra actualmente en generación eléctrica por medio de paneles solares fotovoltaicos y los sistemas ACS, dejando a un lado la producción de electricidad a partir de la energía térmica, proveniente de la tecnología que emplea el calentamiento de un fluido calo portador por medio de sistemas de colector cilindro parabólico, el cual entro en funcionamiento por primera vez en la década de los 80 en california, teniendo gran aceptación con la implementación de 9 plantas convirtiéndola en una tecnología madura.

Es por eso, que frente a la inminente necesidad de expansión en el ámbito nacional referente a la energía renovable no convencional, la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica por medio de colectores cilindro parabólicos tiene una oportunidad significativa, si se tiene en cuenta que Colombia ha comenzado a dar los primeros pasos normativamente. Iniciativas para el diseño e implementación de estos sistemas que a pesar de no ser tan comunes, son sufriente maduros para ser instalados en diversas regiones del país, deben guiarse y cumplir una serie de lineamientos estipulados en leyes, resolución y decretos que entraron en vigencia en el 2018, año actual. Es desconocido para muchos, las implicaciones tecnológicas sobre como producir este tipo de energía limpia y su cumplimiento en el marco legal actual vigente.

Por tal motivo, es indispensable identificar las estrategias viables para producir energía con ese principio, indagando en bibliografía como artículos, tesis, revistas, simposios, etc., para identificar cuál de los desarrollos tecnológicos a los largo de la historia a nivel mundial y nacional, beneficiaria la implementación de la misma en Colombia, aplicando la Normativa actual vigente para el diseño de futuros proyectos en este campo, en nuestras regiones altamente potenciales y privilegiadas con la radiación solar durante gran parte del año.

DESARROLLO DE LA PONENCIA

Se plantearán diferentes contenidos textuales provenientes de búsqueda bibliográfica (Tesis, Artículos, revistas internacionales, Decretos, Leyes, Resoluciones, etc.), que evidencien la inclusión en los países a nivel mundial de energías renovables no convencionales, centrándonos en el desarrollo tecnológico de transformación de energía térmica a eléctrica en la que se emplean colectores solares cilindro parabólico, con el fin de complementar o sustituir energías no renovables y renovables como, las Hidroeléctricas que acarrearán una serie de afectaciones a los ecosistemas. Teniendo en cuenta la normativa Colombiana actual, para el desarrollo de futuros proyectos que utilicen ese principio.

Tecnología Termosolar

Una central termoeléctrica descrita por Aguilar, Marina (2010), es un sistema capaz de generar energía eléctrica a partir de energía térmica mediante lo que se conoce como ciclo de potencia, y para poder desarrollar este ciclo se necesita una fuente de energía primaria a partir de la cual obtener la energía térmica necesaria. Si la fuente de energía primaria es la radiación solar, la central termoeléctrica se denomina Central Energética Termosolar. Al contrario que una instalación fotovoltaica, una Central Energética Termosolar no genera electricidad directamente a partir de la radiación solar, sino que transforma esta radiación en energía térmica que es aportada a un ciclo de potencia convencional y este transforma esa energía térmica en energía mecánica. Posteriormente, mediante un generador eléctrico se transforma la energía mecánica en energía eléctrica, siendo ésta última la que se inyecta a la red eléctrica y llega a los puntos de consumo. Las Centrales Energéticas Termo solares pueden incorporar un sistema de almacenamiento de energía, lo que permite seguir suministrando energía en ausencia de radiación solar. Dependiendo de la capacidad del sistema de almacenamiento, así será el intervalo de tiempo diario durante el cual se podrá seguir suministrando energía eléctrica.

El sistema concentrador está constituido por superficies reflectoras que interceptan, concentran y reflejan la radiación solar dirigiéndola hacia el receptor que se encarga de captar esta radiación concentrada e introducirla en el sistema. Como el objetivo es concentrar los rayos solares sobre la superficie del receptor, el sistema concentrador debe disponer de un mecanismo de control que le permita seguir la trayectoria del sol de modo que siempre se encuentre enfocado hacia él. Una vez que la radiación concentrada llega al receptor, éste la convierte en energía térmica mediante una transferencia de energía al fluido de trabajo. Por último, el sistema de conversión de energía térmica transforma esta energía en energía eléctrica. Una característica diferencial de los sistemas termosolares es que la concentración de la radiación la realizan mediante reflexiones especulares, esto hace que únicamente sea aprovechable la componente directa de la radiación solar.

Centrales de Colectores Cilindro Parabólicos

En este tipo de centrales el campo solar lo constituyen filas paralelas de colectores cilindro parabólicos, pudiendo cada fila albergar varios colectores conectados en serie. Cada colector está compuesto básicamente por un espejo cilindro-parabólico que refleja la radiación solar directa concentrándola sobre un tubo receptor colocado en la línea focal de la parábola, es decir, concentran la radiación solar en dos dimensiones. Aunque el valor máximo teórico de la razón de concentración de un Colectores Cilindro Parabólicos está en torno a 200, en la práctica, los valores usuales de este parámetro están entre 30 a 80 veces. Como consecuencia de la concentración de la radiación solar se produce un calentamiento del fluido que circula por el interior del tubo receptor. Este tipo de sistemas pueden operar de manera eficiente calentando el fluido que pasa por su interior hasta temperaturas del orden de los 400°C. Aguilar, Marina (2010).¹

¹ Aguilar, Marina (2010). Análisis Y Optimización De La Limpieza De Helióstatos De Un Campo Solar. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4840>

Contexto Internacional

Las tecnologías que utilizan concentradores cilindro-parabólicos para realizar la transformación de la radiación solar en energía térmica se consideran suficientemente maduras. El resto, que presenta un futuro muy prometedor, aun se les considera en fase experimental. No es casualidad que la tecnología que emplea la concentración a lo largo de una línea utilizando canales cilindro-parabólicos sea la más desarrollada, ya que se cuenta con la experiencia de las plantas SEGS construidas en el Desierto del Mojave (California) en los años 80. Se trata de 9 plantas que acumulan decenas de miles de horas de operación que han permitido mejorar la tecnología hasta el estado en que se encuentra actualmente. Ninguna otra de las tecnologías de aprovechamiento termo solar para generación eléctrica acumula las mismas horas de experiencia. (García, Santiago, 2012)².

De esta forma, experimentó un primer auge en el desarrollo comercial entre 1984 y 1995, pero luego no hubo más despliegue comercial hasta 2005, aunque en ese momento se llevó a cabo una considerable investigación, desarrollo y demostración. Desde entonces, la implementación comercial de energía solar concentrada, se ha reiniciado y ha ganado un impulso considerable. La capacidad instalada total es, sin embargo, un orden de magnitud menor que la fotovoltaica, dado que la comercialización de la tecnología está a una década atrás.

Ha habido un resurgimiento del desarrollo de CSP desde 2005, liderado en parte por el reconocimiento de que es una tecnología que podría reducir rápidamente grandes emisiones de gases de efecto invernadero y ofrecer el beneficio significativo de la energía solar distribuida a través del almacenamiento térmico integrado. Este crecimiento ha sido liderado predominantemente por España a través de incentivos tarifarios de alimentación específicos y específicos que han demostrado ser altamente exitosos para la tecnología. Aproximadamente 2.400 MW están aprobados para su funcionamiento en 2014, con la mitad de los que ya están en funcionamiento. El cinturón solar del sudoeste de EE. UU. También ha sido objeto de la energía solar concentrada a través de créditos fiscales y garantías de préstamos con aproximadamente 1.8 GW que se espera estén en funcionamiento para finales de 2013. Es importante destacar que la mayoría de las nuevas instalaciones ahora incorporan almacenamiento térmico, generalmente de él orden de 6 horas más o menos. (Lovegrove, Keith y Stein Wes, 2012)³.

Otros países con proyectos de energía solar concentrada anunciados o en construcción incluyen el norte de África (Argelia, Marruecos) y Oriente Medio (Egipto, Israel), China, India, Australia, Sudáfrica, Portugal, Italia, Grecia, Malta y Chipre. En 2010, India tomó una iniciativa importante con el establecimiento de la Misión Solar Nacional Jawaharlal Nehru, con un objetivo de 20 GWe de capacidad fotovoltaica y de energía solar concentrada combinada para ser instalada en 2022. China tenía un objetivo de 1 GW de energía solar concentrada para 2015. Esto la actividad se ha combinado para dar una tasa de crecimiento de 2005 a 2012 de aproximadamente 40% por año.

El año 2017 fue un año histórico para los concentradores solares de energía térmica en términos de tarifas de oferta visto en licitaciones competitivas, especialmente en Australia, Chile y los Emiratos Árabes Unidos. En el estado australiano de Australia del Sur, un 150 MW planta (8 horas, 1.200 MWh) se adjudicó a nivel mundial bajo la tarifa de licitación se limitó a AUD 78 por MWh (USD 61 por MWh). Esto el arancel de oferta fue un 75% más bajo que la tarifa de oferta para el CSP de Andasol planta en España, que fue la primera planta comercial de concentradores solares de energía térmica con almacenamiento de energía térmica en el mundo y comenzó a funcionar en 2008. (REN21, 2018)⁴.

² García, Santiago. (1). (2012). Guía técnica de la energía solar termoeléctrica. Madrid, Capítulo 1

³ Lovegrove, Keith y Stein Wes. (2012). Concentrating solar power technology Principles, developments and applications, Woodhead Publishing Series in Energy: Number 21

⁴ REN21 (2018). Renewables 2018 Global Status Report.

En la REND21 (2018) comenta que los desarrolladores de concentradores solares de energía térmica se han centrado en almacenamiento de energía térmica como un competidor clave generando ventaja de concentradores solares de energía térmica para ofrecer precios competitivos, potencia despacharle. Este enfoque ha sido impulsado por el aumentar la competitividad de costos de la energía solar fotovoltaica en comparación con concentradores solares de energía térmica sin almacenamiento de energía térmica, sino también por el papel emergente de CSP con TES como un competidor viable con tradicional (gas, carbón y nuclear) centrales térmicas. Los principales desarrolladores de proyectos ya sea traído a operación o en construcción en 2017 incluyeron ACWA Power (Arabia Saudita) y Abengoa (España). Numerosos otros desarrolladores de China, Francia, India, Israel, Arabia Saudita y Sudáfrica también estuvo activa en la industria de concentradores solares de energía térmica.

La industria china de concentradores solares de energía térmica en particular fue impulsada por las 20 plantas "piloto" anunciadas en septiembre de 2017. China programa ha proporcionado una plataforma de lanzamiento desde la cual al menos cinco desarrolladores y contratistas nacionales de concentradores solares de energía térmica están ingresando al mercado internacional. Por ejemplo, Mohammed de los EAUBin Rashid Al Maktoum Solar Park se construirá en asociación entre Shanghai Electric con sede en China y ACWA Power. Abengoa (España), hasta hace poco el mayor desarrollador y constructor, continuó con la implementación de su plan de reestructuración y la venta de activos destinados a lograr estabilidad y evitar insolvencia después de registrar una pérdida de USD 8 mil millones a principios de 2017 según lo refleja la REND21 (2018).

Dada la disponibilidad de la radiación solar en todo el mundo como potencial para el aprovechamiento de los sistemas de generación eléctrica por medio de energías renovables, los sistemas de concentración cilindro-parabólicos que convierten energía térmica en eléctrica representan un inmenso potencial energético para ser aprovechado de una manera costo-efectiva en la medida en que su investigación, su desarrollo y el despliegue comercial de esta tecnología continúen avanzando como ha sucedido en los últimas 4 décadas. Los países desarrollados y con potencial económico para investigar y potenciar desarrollos tecnológicos para su posterior implementación día a día le muestran al mundo su crecimiento energético y dan ejemplo del buen uso de los recursos naturales que ofrece el planeta.

Contexto Nacional

El desarrollo de diferentes tecnologías empleadas en la generación de energía eléctrica, en la que se involucran las energías renovables no convencionales en todo el mundo, facilitan el estudio a los países que inicialmente comienza su inmersión en este tipo de sistemas. El aprovechamiento de la energía solar tiene un horizonte aun sin desarrollo científico global. Dentro de las aplicaciones existentes, las más utilizadas actualmente son los sistemas ACS para viviendas y los paneles solares Fotovoltaicos, dejando a un lado quizás la tecnología que por trayectoria evidencia ser madura para ser implementada, debido a que existen centrales termoeléctricas que aprovechan la radiación solar para la generación eléctrica desde la década de los 80 en los estados Unidos. (UPME, 2015)⁵.

En Colombia según el informe de la UPME (2015), el desarrollo de esta tecnología está en un proceso de gestación lento, debido a que la electricidad proviene de las fuentes hídricas que para el 2017 muestra un incremento de la generación despachada centralmente del 21% frente a 2016, pasando de una participación del 67.1% al 80.3%, mientras que la generación térmica para 2017 decreció un 55.4% frente a 2016. El incremento de generación hidráulica y la disminución en térmica se da por el regreso a condiciones normales de la situación hidrolimática en 2017, frente a un 2016 con un primer semestre afectado por la finalización del evento El Niño más largo desde 1950. XM (2017). Las hidroeléctricas cubren la mayor parte de la demanda energética, pero pueden provocar daños graves e irreversibles en ecosistemas vegetales, tales como pérdida del hábitat y especies vegetales propias del ecosistema, afectación del paisaje, alteración de la vida acuática como consecuencia de la

⁵ UPME (2015). Integración de las Energías Renovables no convencionales en Colombia

alteración y reducción del caudal de agua, así como también los cambios físicos, químicos y biológicos del agua, alteración del microclima, afectación de grupos indígenas, desplazamiento de familias, impactos en las comunidades hidrobiológicas, entre otras. Por otro lado el restante de la producción, se genera a partir de las plantas térmicas utilizando combustibles fósiles, ya sea gas natural o Fuel Oil, aunque el gas natural tiene el menor impacto de todos los combustibles fósiles no significa que no contamine (provocan emisiones de CO₂ y metano) y el 1.1% restante a partir de otras fuentes como el carbón, energía eólica, etc.

Así mismo, la demanda de energía en el año 2017 del Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia, luego de una contracción de once meses continuos entre mayo de 2016 y marzo de 2017, presentó un crecimiento a partir del segundo trimestre del año por la recuperación de los hábitos del consumo en el sector residencial y pequeños negocios. La composición final del comportamiento de la demanda durante 2017 llevó a un crecimiento del 1.3% respecto al 2016, con un valor de 66,893 GWh. Por tipos de días, se presentó crecimiento en todos los casos, obteniendo para los días comerciales un crecimiento de 1.1% con un consumo promedio de 190 GWh-día; por su parte los sábados crecieron un 1.7% con un consumo promedio de 180.6 GWh-día, y el consumo en domingos y festivos tuvo un crecimiento del 1.6% con un consumo promedio de 162 GWh-día. Por tipo de mercado la demanda de energía presentó un crecimiento del 1.9% para el mercado regulado (consumo residencial y pequeños negocios) y permaneció igual para el mercado no regulado (industria y comercio) respecto al 2016. (XM, 2017)⁶.

Continuando con el informe XM (2017), para cubrir la demanda colombiana se generaron en el país 66,667 GWh y se importaron 194.2 GWh. Las importaciones decrecieron un 48.7% (equivalente a 184 GWh) respecto a 2016, situación que se da por la mayor disponibilidad hídrica y de recursos de generación durante 2017; en contraposición el 2016 presentó escasez hídrica por El Niño y una menor disponibilidad para generación por la salida forzada de algunas plantas de generación importantes del SIN, lo que hizo necesario aumentar las importaciones desde Ecuador. La generación en 2017 provino principalmente de recursos renovables, representando el 87% del total generado, compuesta por generación del tipo hidráulica, eólica, solar y biomasa.

La alta dependencia de Colombia en sus recursos hidroeléctricos pone al país en riesgo periódico de escasez y altos precios de la energía, como fue evidenciado en la crisis energética generada por el fenómeno de El Niño (UPME, 2015). Es por eso que el sector de la energía eléctrica actualmente está en un periodo de cambio y reflexión. Las fuentes de energía convencionales son contaminantes y limitadas, es por ello se hace imprescindible el rápido desarrollo de sistemas limpios y sostenibles. (Jaramillo, Alejandro, 2014)⁷.

Actualmente, el sistema eléctrico colombiano cuenta con 16.8 GW de generación instalada al SIN, de los cuales 1.4 GW son pequeñas centrales hidráulicas y filo de agua, 0.02 GW eólicos y 0.01 GW solares. No obstante, considerando los proyectos de generación renovables no convencionales con concepto de conexión de la UPME, se espera que para el año 2023 el sistema eléctrico colombiano presente cambios importantes en su matriz energética, contando con más de 3 GW de fuentes variables. (XM, 2018)⁸.

La tabla 1 resume la generación promedio por tipo de recurso natural en GWh-día tomada del informe Oferta y generación de junio de 2018.

⁶ XM (2017). Informe de Operación del SIN y administración del Mercado 2017. Recuperado de www.xm.com.co
<http://informesanuales.xm.com.co/2017/SitePages/operacion/1-1-Presentacion.aspx#>

⁷ Jaramillo, Alejandro (2014). Diseño de un Concentrador Solar con Lente de Fresnel para propósitos académicos y de experimentación (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://docplayer.es/59067959-Universidad-nacional-autonoma-de-mexico.html>

⁸ XM (2018). Renovables no convencionales en el SIN. Recuperado de <https://www.xm.com.co/Renovables/Paginas/Renovables-no-convencionales-en-el-SIN.aspx>

Renovable

Tipo fuente de energía	Gen. de may-01-2018 hasta may-31-2018 (GWh-día)	Gen. de jun-01-2018 hasta jun-30-2018 (GWh-día)	Participación a jun-30-2018 (%)	Variación de generación (%)
Biomasa	1.20	1.89	1.16%	↑ 57.77%
Eolica	0.10	0.13	0.08%	↑ 33.50%
Hidraulica	158.47	161.08	98.74%	↑ 1.65%
Solar	0.03	0.03	0.02%	↓ -0.24%

Tabla 1. Generación promedio por tipo de recurso natural en GWh-día

Como se evidencia en la tabla del informe oferta y generación entre el mes de Mayo y Junio del 2018 la dependencia a la generación con fuentes renovables en de un 98,74 % para las fuentes hídricas, con un porcentaje muy bajo de tan solo 0,02 % de la fuente solar, evidenciando una baja del 0,24 %.

Teniendo en cuenta, el informe entregado por XM en 2017 y el UPME en 2015 se evidencia la necesidad en momentos de crisis desencadenados por fenómenos naturales, del auxilio para cubrir la demanda energética de las centrales térmicas, la cuales utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento, dejando un saldo negativo proveniente de la emanación de gran cantidad de gases de efecto invernadero. Debido a estos problemas ambientales y recursos limitados de combustible fósiles, con el transcurrir de los días el hombre consiente de la problemática que lo rodea está prestando atención al estado del medio ambiente, al cambio climático y a el calentamiento global en búsqueda de fuentes de energías renovables que tengan un menor impacto ambiental, de tal forma que puedan satisfacer las necesidades crecientes de la población. En los últimos años, la energía solar ha sido promovida como una fuente de energía viable, una de las aplicaciones más simples y directas de esta energía es la convergencia de la radiación solar en energía térmica empleada para la generación de energía eléctrica.

Es por eso, que una alternativa diferente a la sustitución de combustibles fósiles convencionales por combustibles alternativos o el uso de recursos hidroeléctricos, corresponde a la posibilidad de utilizar una tecnología renovable libre de combustión y de impactos ambientales, como lo es la utilización de energía solar térmica que permite capturar la energía del sol en forma de calor y transferirla directamente a un fluido de trabajo según el informe UPME (2015).

Es un hecho, que la tendencia hacia las energías renovables es irreversible, por la extinción paulatina de los recursos fósiles y por los efectos negativos que su uso como combustible tienen para el planeta y por la mejora permanente en la relación costo beneficio. Colombia ya está en el camino de la implementación de estas tecnologías y la generación a través de energías alternativas es cada vez más viable, constituyendo una de las mejores soluciones para detener el cambio climático global, además en Colombia contamos con una gran riqueza de recursos que permiten diversificar la matriz de energía para garantizar la estabilidad del suministro energético. (Giraldo, María., Vacca, Raúl. & Urrego, Andrés, 2017)⁹.

Este escenario deja en evidencia, que la energía solar puede complementar o sustituir, la hidroeléctrica. Ya que el colector cilindro-parabólico fue la primera tecnología solar que demostró el potencial de las energías renovables no convencionales, siendo un recurso abundante e inagotable en todo el mundo. En los últimos años

⁹ Giraldo, María., Vacca, Raúl. & Urrego, Andrés. (2017). Las energías alternativas ¿Una oportunidad para Colombia? Repositorio Poligran, 19.16

se ha visto un crecimiento en el interés en el área de la radiación solar y existe un número de proyectos aplicados a los paneles solares fotovoltaicos en el país dejando a un lado esta tecnología. Los colectores solares son utilizados comúnmente para el calentamiento de agua, procesos industriales y la generación de electricidad a partir de un ciclo Rankine, en las centrales de energía térmica la generación de vapor es un componente de vital importancia para el rendimiento de las mismas, permite mover los alabes de la turbina de vapor para producir, por principio de inducción, energía eléctrica para el consumo, es por eso que se está buscando la mejor forma de obtenerlas, maximizar su eficiencia y disminuir costos para así reducir la contaminación medioambiental que sufre el planeta en la actualidad. El país actualmente no cuenta con ninguna planta termo-solar para la generación de energía eléctrica.

Las aplicaciones térmicas en Colombia datan de mediados del siglo pasado, cuando en Santa Marta fueron instalados calentadores solares en las casas de los empleados de las bananeras, calentadores que aún existen, aunque no operan. Más tarde, hacia los años sesenta, en la Universidad Industrial de Santander se instalaron calentadores solares domésticos de origen israelí para estudiar su comportamiento. Posteriormente, hacia finales de los setenta y estimulados por la crisis del petróleo de 1973, instituciones universitarias (la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional en Bogotá, la Universidad del Valle, entre otras) y fundaciones (como el Centro Las Gaviotas) sentaron las bases para instalar calentadores solares domésticos y grandes sistemas de calentamiento de agua para uso en centros de servicios comunitarios (como hospitales y cafeterías). (Rodríguez Murcia, Humberto, 2009)¹⁰. No se tienen referencias de implementación de Colectores Solares Cilindro Parabólico.

Energías Renovables No Convencionales: Normativa Colombiana

Las energías renovables con el transcurrir de los años, se convirtieron en pieza clave de la economía mundial debido a su inminente implementación en los países a nivel mundial, que buscan sistemas alternos de producción eléctrica, basados en el cuidado medio-ambiental en pro de cuidar los ecosistemas, la fauna, la flora, las especies animales y la afectación a la capa de Ozono. En Colombia se ha iniciado el proceso de inclusión de estas tecnologías por medio de diferentes leyes, decretos y resoluciones que se presentaran a continuación.

La resolución 0520 del 2007 se establece el registro de proyectos de generación con el cual deben de ser registrados los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a operar en el sistema interconectado Nacional.(Resolución N° 0520, 2007)¹¹. Este se debe hacer en el sistema de información electrónico de Colombia en el cual se deben diligenciar una serie de formatos que son requisito indispensable que se pueden encontrar en la página web: <http://www.siel.gov.co>, generación e Inscripción de proyectos de Generación.

Por otro lado, La ley 1715 de 2014, define como fuentes no convencionales de energía renovable, aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente, tales como la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. (XM, 2018).

Dicha ley tiene por 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. Los interesados en realizar inversiones en proyectos de Fuentes No

¹⁰ Rodríguez Murcia, Humberto, (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas

¹¹ Resolución N° 0520. Unidad de planeación minero energética, 09 de Octubre de 2007

Convencionales de Energía y Gestión Eficiente de la Energía, podrán acceder a los incentivos tributarios enunciados por la Ley, una vez se cumplan los requisitos y procedimientos establecidos por las entidades pertinentes. (UPME, 2016).

El Ministerio de Minas y Energía, a través de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) por medio del Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP), unen esfuerzos para convocar e invitar a empresarios, inversionistas y ciudadanos en general, para que le apuesten a las energías limpias. (UPME, 2016)¹².

La ley 1715 de 2014, le confirió a la CREG la facultad de definir normas, para la remuneración de los excedentes que generen auto generadores de pequeña escala, que utilicen fuentes no convencionales de energía renovable, los cuales se reconocerán mediante un esquema bidireccional como créditos de energía. El límite de potencia máximo para que un autogenerador sea considerado como de pequeña escala, definido en la resolución UPME 281 de 2015, es igual a 1MW evidenciado en la Resolución N° 030 (2018).

Los incentivos para la implementación de energías renovables no convencionales, los establece la Ley 1715 de 2014 en los artículos 11, 12, 13 y 14. Precedidos por el Decreto 2143 de 2015 del Ministerio Minas y Energía, Hacienda y Crédito Público, Comercio, Industria y Turismo y de Ambiente y Desarrollo en pro del desarrollo de los incentivos y las Resoluciones 520 y 638 de 2007, 143 de 2016 de la UPME-Registro de proyectos, 045 de 2016 de la UPME, 1283 de 2016 del MinAmbiente y la 86 de 2012 del MinAmbiente reglamentan el procedimiento para acceder a los incentivos. (UPME 2016).

El ministerio de minas y energía, mediante el Decreto 348 de 2017, estableció los lineamientos de política frente a las condiciones simplificadas para la autogeneración, en términos de la medición, la conexión, el contrato de respaldo y la entrega de excedentes y su respectiva liquidación. También la Ley 1715 de 2014 ordena establecer un proceso de conexión simplificado para los autogeneradores a gran escala hasta 5 MW. El Decreto 348 de 2017 expresa que el mecanismo de los excedentes de autogeneración a pequeña escala que utilicen fuentes no convencionales de energía renovable, los excedentes que entregue a la red de distribución se reconocerán mediante un esquema de medición bidireccional, como créditos de energía. (Resolución N° 030, 2018)¹³

Para la regulación de la autogeneración a pequeña escala, la CREG debe aplicar los criterios definidos en la Ley 1715 de 2014 así como los establecidos en las leyes 142 y 143 de 1994. Mediante la resolución CREG 121 de 2017 se publicó el proyecto resolución “Por el cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional” y se recibieron comentarios y sugerencias que fueron analizados para expedir la Resolución CREG 030 de 2018 que tiene por Objetivo regular aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de la autogeneración a pequeña escala y de la generación distribuida al sistema interconectado Nacional, datos tomados de la Resolución N° 030 (2018).

Adicionalmente, en el 2018 el ministerio de minas y energía aprobó el Decreto 0570 del 13 de marzo del 2018 “Por el cual se adiciona el decreto único reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones”. (Decreto N° 0570, 2018)¹⁴. Si bien el decreto no establece los detalles cruciales, sí da los lineamientos básicos para diversificar la matriz energética de Colombia, de cara a la adaptación del país al cambio climático y a los compromisos que ha adquirido en los pactos internacionales como el llamado COP21 (reducción de 20 % emisiones de gases de efecto invernadero

¹² UPME (2016). Invierta y Gane con Energía: Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014

¹³ Resolución N° 030. Comisión de Regulación de Energía y gas, Colombia, 26 de Febrero de 2018

¹⁴ Decreto N° 0570. Ministerio de Minas y Energía, 23 Marzo de 2018

para 2030). El Acuerdo de París, fue aprobado por la Ley 1844 de 2017, adoptado por Colombia el 12 de diciembre de 2015 durante la COP21 de la convención de marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. (Ley 1844, 2017)¹⁵.

Finalmente, Según el Decreto 0570 del 13 de marzo del 2018, la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG) tiene hasta el 31 de julio de este año para establecer el esquema mediante el cual se trasladan los “costos eficientes de compra de energía” a la tarifa de los usuarios finales. El documento le da un plazo de un año al Ministerio de Minas, la CREG y la UPME para actualizar la normatividad vigente “que permita, entre otros, el planeamiento, conexión, operación y medición para la integración de los proyectos de generación de energía eléctrica...”. Actualmente se espera que al terminar el plazo, quede establecido el esquema y empiece el proceso de transición y adaptación a la normativa acorde a lo referenciado en el Decreto 0570, 2018.

En ese orden de ideas, se espera que el 31 de julio del 2018 estén a disposición de futuros inversionistas, el marco legal completo que reglamenta la implementación de energías renovables no convencionales, creada con la finalidad de generar incentivos para promover nuevos sistemas o proyectos para cubrir la demanda energética del país y aumentar el mix de energía nacional. Este ámbito legal abre una oportunidad no solo los mega proyectos, sino también para las personas de zonas remotas, con difícil acceso al sistema de distribución nacional y a la investigación científica para el mejoramiento, desarrollo e implementación de nuevas y afianzadas tecnologías.

Costos de Un proyecto TermoSolar

La rapidez con la que aumentará en los próximos años la potencia total instalada de centrales termosolares, depende en gran medida de hasta qué nivel se logre reducir el coste de la electricidad de origen termosolar. Aunque es cierto que en los últimos años ya se ha conseguido una importante reducción de costes, y buena prueba de ello es el precio medio del PPA de las centrales NOOR-II y III que actualmente se están construyendo en Marruecos (150€/MWh), debemos tener presente los bajísimos costes que presenta ya hoy en día la electricidad de origen fotovoltaico. Hace solamente unas semanas se anunciaba la planta fotovoltaica que ha sido adjudicada por la Dubai Electricity and Water Authority (DEWA) a la oferta presentada por la empresa ACWA Power, con un precio inferior a los 30 €/MWh, para la próxima planta fotovoltaica del parque solar Mohammed bin Rashid Al Maktoum. Este precio es tan solo el 20% del PPA de las plantas NOOR-II y III. Aunque es cierta la ventaja innegable que representa la gestionabilidad (capacidad de producir electricidad cuando no hay radiación solar) de las centrales termosolares, gracias a sus sistemas de almacenamiento térmico, así como su gran impacto dinamizador en la economía de la zona donde se instala una central termosolar, no es posible compensar hoy en día con estas ventajas esta gran diferencia en el coste del kWh producido. Es por este motivo que el principal reto con el que se encuentran actualmente las centrales termosolares es la necesidad de conseguir con rapidez una importante reducción de costes

El objetivo de coste marcado por ESTELA (la asociación europea de la electricidad termosolar) es conseguir en el año 2020 un coste de 100 €/MWh para centrales termosolares con almacenamiento térmico instaladas en países del Sur de Europa, con una insolación anual debida a la radiación solar directa de unos 2055 MWh/m²·año. Un pre-requisito para poder conseguir este objetivo, según ESTELA, es que se alcance una potencia total instalada en el Mundo de 30 GWe. Parece razonable esperar que la potencia total instalada a nivel mundial sea de unos 10-12 GWe en el año 2020. Si somos muy optimistas, podríamos incluso pensar en 15 GWe, pero en cualquier caso parece claro que la cifra que se alcanzará en el año 2020 será muy inferior a la pedida por ESTELA para poder alcanzar el objetivo de reducción de costes. De acuerdo con todo esto, parece lógico pensar que no se logrará el objetivo de costes marcado para 2020. Pero a pesar de esto se sigue indicando en documentos oficiales, muchos de ellos emitidos por la Comisión Europea, que el sector termosolar ofrece conseguir un coste de 100 €/MWh en el año 2020, para centrales instaladas en el Sur de Europa, y no se hace

¹⁵ Ley 1844. Congreso de la Republica, 14 de Julio del 2017

referencia a la condición de que se logre alcanzar una potencia total instalada en el Mundo de 30 GWe. (Dufour, Javier, 2016)¹⁶.

¹⁶ Dufour, Javier (2016). La reducción de Costes en las centrales Termosolares, Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2016/06/20/133114>

CONCLUSIONES

Al ser inminente la inclusión de las energías renovables no convencionales en la matriz de generación Colombiana, al potencial energético en las diversas regiones del país y a la normatividad para los lineamientos de proyectos de energía limpia que incluyen, inversión, subastas y retribuciones, son atractivas para futuros diseños que aprovechen la radiación solar. La implementación de un sistema térmico para generación de electricidad, es una oportunidad muy interesante y viable. En Colombia, no existe un solo proyecto de esta magnitud, a pesar que en los últimos 10 años ha crecido la aplicación a nivel mundial. Estados Unidos cuenta con la mayor planta termosolar del mundo, seguidos por España, India, China y otros países, que ven el futuro de sus economías direccionados hacia esta tecnología y apuestan por ella, debido a que se puede almacenar, es gestionable y renovable, puede aportar a la red eléctrica cuando es demandada incluso en horas sin luz solar. Lo cual representa una ventaja, brindando seguridad al sistema eléctrico.

A su vez, cabe rescatar que se trata de un sistema de generación segura y limpia, lo cual lo hace fundamental de cara a la lucha contra el cambio climático y el cumplimiento del pacto internacional COP21, el cual asumió Colombia. Permitiría el desarrollo de un nuevo modelo económico y social sostenible, aprovechando el recurso solar, el cual es renovable y es el más abundante sobre la tierra. A esto, podríamos sumarle la generación de empleo que potenciaría el desarrollo interno del país desde su construcción, hasta su puesta en marcha, Ofreciendo una oportunidad para acceder a electricidad en zonas aisladas de nuestro país, en cuya implementación se hará uso de un alto componente local.

El reto de los diseñadores, es plasmar en sus proyectos futuros una alternativa de solución para la problemática de la dependencia de la energía producida por las hidroeléctricas, desarrollando otros mecanismos alternativos de generación renovable no convencional. Si bien, la energía fotovoltaica es la más llamativa actualmente debido a sus costos más bajos frente a las termosolares, ya que se han dedicado demasiados recursos al desarrollo de los materiales “Exóticos” que conforman las celdas, como también a los procesos industriales para fabricarlas, lo que la ha vuelto una forma más rentable de producir energía. Por otro lado, los sistemas termosolares operan bajo el mismo principio, ciclos de conversión, que presentan mejores eficiencias de conversión sin la necesidad de procesos ni materiales “Exóticos”, permitiendo acumulaciones mayores frente a su oponente.

Adicionalmente, la necesidad de la electricidad en las noches, abre una ventana para la implementación de las termosolares si se logran reducir los costos de las plantas, llegando al punto de convertirse en los principales sistemas de aprovechamiento de radiación solar. Los países desarrollados han dado el paso en la implementación de estos sistemas a pesar de su costo superior frente a los sistemas con paneles solares, debido a las ventajas mencionadas anteriormente, visualizando su gran potencial a pesar de su crecimiento lento a través de los años. Colombia tiene una normativa vigente, que a la espera el 31 de julio de 2018 de los últimos detalles, da inicio a su compromiso con la implementación de las tecnologías renovables no convencionales para la complementación y posible sustitución con el trasegar de los años, de la dependencia hidroeléctrica actual de manera formal.

Para concluir esta divulgación, queda abierto para inversionistas, ingenieros, diseñadores, calculistas y a todas las personas que accedan a esta información, una nueva visión sobre la producción de energía termo solar, la cual le ha dado muy buenos resultados a los países en los que se ha realizado inversión en este campo. Su diseño es simple, ya que emplea procesos de conversión de energía conocidos y convencionales, permite el suministro de energía eléctrica en la noche y su costo a pesar de que no es el mejor actualmente, se considera que en un par de años su precio baje, permitiendo su implementación con mayor facilidad en Colombia. En Colombia, aprovechando los incentivos que existen por parte del gobierno Nacional por medio de su Normativa y sus lineamientos ya estructurados, facilitando el desarrollo de los procesos, se espera el crecimiento en temas de inversión de inversionistas nacionales y extranjeros para potenciar la diversidad en la matriz de generación Colombiana.

REFERENCIAS

Aguilar, Marina (2010). Análisis Y Optimización De La Limpieza De Helióstatos De Un Campo Solar. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4840>

Decreto N° 0570. Ministerio de Minas y Energía, 23 Marzo de 2018

Dufour, Javier (2016). La reducción de Costes en las centrales Termosolares, Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2016/06/20/133114>

García, Santiago. (1). (2012). Guía técnica de la energía solar termoeléctrica. Madrid, Capítulo 1

Giraldo, María., Vacca, Raúl. & Urrego, Andrés. (2017). Las energías alternativas ¿Una oportunidad para Colombia? Repositorio Poligran, 19.16

Jaramillo, Alejandro (2014). Diseño de un Concentrador Solar con Lente de Fresnel para propósitos académicos y de experimentación (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://docplayer.es/59067959-Universidad-nacional-autonoma-de-mexico.html>

Ley 1844. Congreso de la Republica, 14 de Julio del 2017

Lovegrove, Keith y Stein Wes. (2012). Concentrating solar power technology Principles, developments and applications, Woodhead Publishing Series in Energy: Number 21

REN21 (2018). Renewables 2018 Global Status Report.

Rodríguez Murcia, Humberto, (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas

UPME (2015). Integración de las Energías Renovables no convencionales en Colombia

XM (2017). Informe de Operación del SIN y administración del Mercado 2017. Recuperado de www.xm.com.co <http://informesanuales.xm.com.co/2017/SitePages/operacion/1-1-Presentacion.aspx#>

XM (2018). Renovables no convencionales en el SIN. Recuperado de <https://www.xm.com.co/Renovables/Paginas/Renovables-no-convencionales-en-el-SIN.aspx>

UPME (2016). Invierta y Gane con Energía: Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014