

**Desarrollo de aplicaciones termosolares en regiones con alto y mediano potencial de radiación. Caso La Guajira colombo-venezolana y región Libertador O'Higgins de Chile**

**Development of solar thermal applications in regions with high and medium radiation potential. Case of the Colombian-Venezuelan La Guajira and the Libertador O'Higgins region of Chile**

**Deny González-Torcatis\***

Correo: deny.gonzalez@uoh.cl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1106-9105>

Universidad O'Higgins, Chile.

DOI: <https://zenodo.org/records/10912287>

**Resumen**

En la actualidad, existen diversas alternativas de uso de fuentes de energías limpias o recursos energéticos no convencionales (RENC), tales como: energía eólica, mareomotriz, geotérmica y energía solar. Esta última, ha mostrado un avance impresionante en el desarrollo de aplicaciones de bajo y alto nivel de radiación solar, aunque no todos los países tienen acceso a este recurso debido a su posición geográfica. Sin embargo, en el caso de la Guajira colombo-venezolana y la región Libertador O'Higgins en Chile, basados en los datos y parámetros mínimos de radiación, así como en la revisión de investigaciones en el área, se observa que es factible el desarrollo de aplicaciones termosolares que facilitarían, por ejemplo, el calentamiento y adecuación de fluidos, acondicionamiento de ambientes, invernaderos solares, desarrollo de hornos solares de secado, entre otros.

**Palabras clave:** aplicaciones termosolares, radiación solar, potencial de radiación, uso de energías limpias, La Guajira, región Libertador O'Higgins.

**Abstract**

Currently, there are various alternatives for the use of clean energy sources or non-conventional energy resources (NCER), such as: wind, tidal, geothermal and solar energy. The latter has shown impressive progress in the development of low and high level solar radiation applications, although not all countries have access to this resource due to their geographical position. However, in the case of the Colombian-

---

\*Ingeniero en Mantenimiento Mecánico. Magíster en Ingeniería de Gas Natural. Doctor en Ciencias de la Educación. Profesor Adjunto Universidad O'Higgins, Chile.



Venezuelan Guajira and the Libertador O'Higgins region in Chile, based on the data and minimum radiation parameters, as well as on the review of research in the area, it is observed that the development of solar thermal applications that would facilitate, for example, the heating and adaptation of fluids, conditioning of environments, solar greenhouses, development of solar drying ovens, among others.

**Keywords:** solar thermal applications, solar radiation, radiation potential, use of clean energy, La Guajira, Libertador O'Higgins region.

## **Introducción**

Al término del siglo XX y comienzo del siglo XXI, desde el punto de vista energético, comienza la preocupación por el calentamiento global. Era necesario entender cómo la extracción de fuentes fósiles y procesamiento afecta e influye en la generación de gases de invernadero. Por otro lado, el desarrollo de las diferentes tecnologías en generación de energía renovable comienza a ser sustentable y factible económicamente, ya que los costos de generación son un poco más competitivos. Los avances en la generación de hidrogeno se presenta ahora como *verde* (producto de la obtención de la energía a través de fuentes de energía renovables); y *azul* (producto de la obtención de un proceso de separación de fuentes de hidrocarburos, específicamente gas natural).

El desarrollo de la energía termosolar es un tema de primer orden. Las investigaciones en esta área han permitido el aprovechamiento de una fuente libre y disponible en ciertas zonas de la geografía terrestre más abundante y que ahora permite garantizar la generación de energía en horas de la noche mediante la eficiencia de almacenamiento.

El presente estudio de divulgación se desarrolla con el propósito de considerar el desarrollo de aplicaciones termosolares en regiones con alto y mediano potencial de radiación en La Guajira colombo-venezolana y en la región Libertador O'Higgins de Chile. Todo ello, mediante la valoración de parámetros energéticos mínimos necesarios para poder usar la energía renovable. En este caso, es vital conocer la disponibilidad y, de ser necesario, complementarla con otra forma de materia prima o energía disponible en la zona (eólica, mareomotriz o fósil).

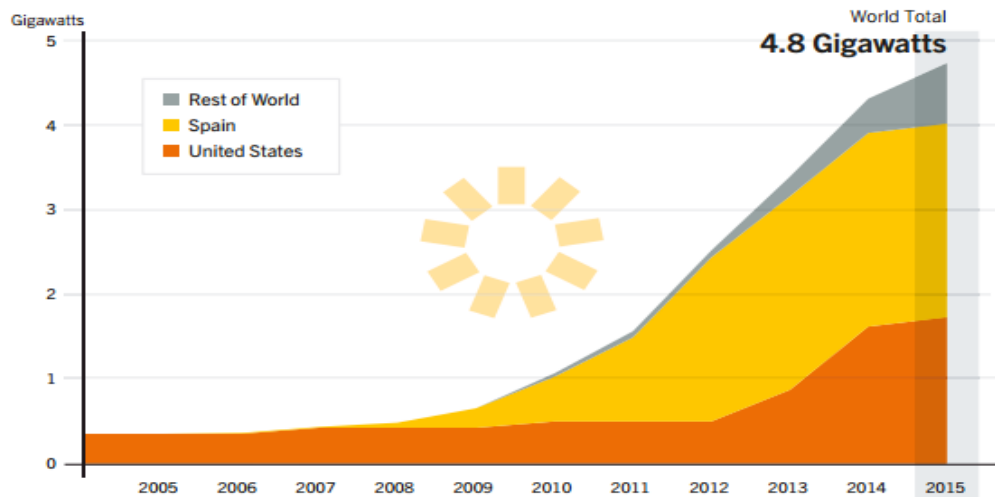
Se tomará a España como referencia para establecer una tabla comparativa de los parámetros energéticos con respecto a Latinoamérica (casos: Colombia, Venezuela y Chile). Para ello, se revisarán los diferentes artículos científicos sobre los proyectos propuesto y desarrollados en América Latina para

la generación de energía termosolar, así como la elaboración de una matriz para el desarrollo de esta tecnología y sus posibles aplicaciones.

### Proyectos de generación de energía termosolar en España y su participación en Latinoamérica

De acuerdo con la revisión mundial de generación termosolar, entre Estados Unidos y España se concentran, al menos, el 90 % de las plantas instaladas (Roca, 2016). Por ello, es importante tomar como referencia de comparación España, pues ello permite considerar aquellos elementos que aportan al desarrollo tecnológico cuanto a tipos de plantas y cantidad de radiación requerida para los proyectos termosolares.

**Figura 1.** Concentración de la capacidad global de energía solar térmica por país/región, 2005-2015.



Fuente: Roca (2016)

Asimismo, España tiene una participación importante en asesoría de global en el diseño y construcción de plantas termosolar, en tanto ha iniciado el camino para aprovechar la potencialidad que esta representa. En este sentido, la proyección a mediano plazo es que la energía solar termoeléctrica podría suministrar el 6 % de la demanda de electricidad global en 2030, y alcanzar el 12 % en 2050, todo ello basado en el informe de Energía Solar Termoeléctrica, Perspectiva mundial 2016 elaborado Greenpeace Internacional, SolarPaces y Estela (Asociación Europea de la Industria Solar Termoeléctrica, 2016). En la tabla 1 se mencionan algunas de las plantas instaladas en España y sus capacidades de generación.

**Tabla 1.** Principales plantas termosolares instaladas en España

<b>Planta</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Emisión (menos)</b>
Plataforma Solar Extremadura (Solaben)	200 MW	colectores cilindro-parabólicos que miden 150 metros de largo	Una de las mayores plantas del mundo. Puede abastecer 100.000 hogares	31.400 toneladas anuales de CO2
Andasol	50 MW (181 GWh al año)	concentrador solar cilindro-parabólico	Primera planta en utilizar en Europa esta tecnología. Fluidos de sales fundidas. Radiación directa anual 2.127 KWh/m2	152.000 toneladas anuales de CO2
Central de Energía Solar Solnova	150 MW	colectores cilindro-parabólicos ASTRØ	Fluidos aceite sintético. Radiación directa anual 2.012 kWh/m2/año. Puede abastecer 25.700 hogares	31.400 toneladas anuales de CO2
Solar Extresol	150 MW (175 GWh al año)	colectores cilindro-parabólicos	Fluidos de sales fundidas. Radiación normal directa anual 2.166 KWh/m2. Puede abastecer 30.000 hogares	149.000 toneladas anuales de CO2
<b>PS10</b>	10 MW (24.2 GWh al año)	624 helióstatos de 120m2. Torre central	Primera planta de su tipo en España. Puede abastecer 6.000 hogares	20.000 toneladas anuales de CO2
<b>PS20</b>	20 MW (48.4 GWh al año)	1255 helióstatos de 120m2. Torre central	Es una de la central de torre más grande del mundo. Puede abastecer 12.000 hogares	20.000 toneladas anuales de CO2
<b>Puerto Errado 1.</b>	1.4 MW (2 GWh al año)	colectores lineales y espejos planos Fresnel	Primera en este tipo de tecnología. Bajo consumo de agua.	2.000 toneladas anuales de CO2

Fuente: (2021). Elaboración propia (2021)

Por otra parte, cabe destacar las plantas Andasol 2 (50 MW), Solnova 2 (50 MW) y Puerto Llano (50 MW), instaladas en España para el manejo de la energía termosolar y producción eléctrica al igual que otras no indicadas en la tabla, pero que tienen una menor capacidad de generación. Por su parte, la planta termosolar Cerro Dominador, constituida por 10.600 heliostatos y una torre receptora de 250m de altura, comenzó con la aprobación del proyecto y la participación de un consorcio internacional con la empresa de origen español Abengoa y la firma estadounidense EIG Global Energy Partners (EIG); esta última asumió posteriormente toda la inversión del proyecto.

De igual manera, esta planta termosolar evita la emisión a la atmósfera de 643 mil toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al año y tiene la capacidad de abastecer a 382 mil hogares, con 210 MW de potencia combinada gracias a la planta de energía fotovoltaica de 100 MW que comenzó a operar en 2017. Es importante mencionar que, en abril de 2021, la planta termosolar Cerro Dominador se integró sistema interconectado del país, marcando un hito en el aporte de energía limpia y renovable al sistema eléctrico, lo cual irá aumentando la entrega de energía al sistema interconectado.

Con relación al caso venezolano, el inicio de proyectos enmarcados en la energía renovable comienza con la alta disponibilidad de recursos eólicos a lo largo de más de 2000 kilómetros de costa, a inicio del siglo XXI con dos proyectos de generación eólica, uno la Península de Paraguaná con el propósito de instalar cincuenta (50) aerogeneradores AE61-1.320 kW, ofrecidos por la empresa española Gamesa. Otro proyecto de envergadura fue el parque eólico de la Península Guajira colindante con Colombia, en el cual, en un principio, participaría la empresa española Gamesa que, luego, dio paso a la argentina IMPSA (Industrias Metalúrgicas Pescarmona SA). Este parque eólico tendría una generación de 2.000 MW en tierra firme y 10.000 MW costa afuera.

En materia de energía solar, con asesoría de empresa china Yingli Green Energy se propusieron dos proyectos a base de paneles solares; uno en la isla de los Roques ubicada en el mar Caribe, con al menos 4.400 paneles solares con una capacidad de generación de 1.1 MW para beneficiar al menos 400 viviendas. Es relevante mencionar que, según Gutiérrez (2020), también tenía participación la empresa española Vico Export Solar Energy mediante suministros de equipos.

Basados en la sustentación de todos estos proyectos, se evidencia la disponibilidad de energía eólica, geotermal y solar, lo cual es muy relevante para este estudio. En el caso de estudio se precisa categorizar la disponibilidad de recursos energéticos renovables que perfectamente pueden ser aprovechados desde la disponibilidad de fuentes naturales, eólicas y solar, que son el común denominador para optimizar el aprovechamiento de los recursos. Por ejemplo, en la tabla 2, según International Renewable Energy Agency (2019) por sus siglas IRENA, se tienen las siguientes estadísticas de recurso de energías renovables:

**Tabla 2.** Total de energías renovables

<b>Capacidad (MW)</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Chile	9.280	10.288	10.903
Colombia	11.882	12.057	12.243
Venezuela	15.192	15.192	15.192

Fuente: International Renewable Energy Agency (2019).

El desarrollo tecnológico ha permitido mejorar el almacenamiento de energía y, por otro lado, disminuir los costos de producción de energía solar, mediante las diferentes alternativas disponibles. La comparación de tecnologías se resume en la tabla 3.

**Tabla 3.** Comparación de tecnologías termo solares

	<b>Receptor Central</b>	<b>Disco Parabólico</b>	<b>Cilindro Parabólico</b>
Aplicación	Generación Centralizada	Generación aislada	Generación centralizada
Ventajas	Ingeniería madura, alta eficiencia, buen factor de capacidad	Muy alta eficiencia de conversión	Disponibilidad comercial almacenamiento térmico.
Desventajas	Alta inversión	Muy altos costos de inversión. Problemas de almacenamiento	Alcanza menor temperatura, por ende, menor calidad del vapor conductor
Potencia	10 – 200 MW	5 – 25 kW	30 – 320 MW
Temperatura operación	565 – 1000 °C	750 °C	390 °C
Eficiencia	23 %	29,40 %	20 %

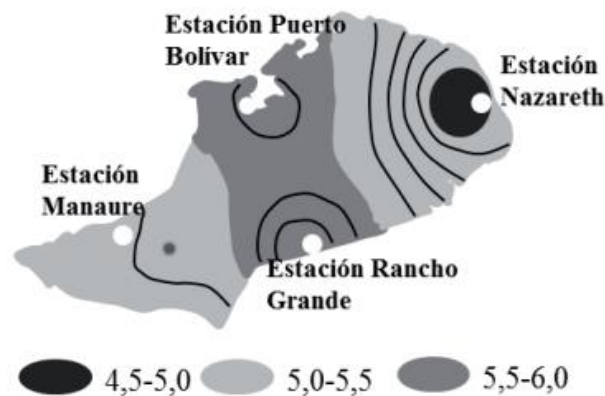
Fuente: Elaboración propia (2021)

### **Radiación solar disponible y aplicaciones en las zonas estudiadas**

Otra de las dimensiones que se deben valorar es la radiación solar disponibles en la zona estudiada. Para ello, se revisa la información disponible de estudios realizados sobre la disponibilidad de energía solar. Según Arrieta *et al* (2015), en La Guajira colombiana se constató una temperatura promedio entre los 27 °C y 30 °C, considerando valores pico hasta de 45 °C. Estas temperaturas pueden ser extrapoladas a La Guajira venezolana por ser regiones colindantes con un terreno xerófilo y de estepa árida o semiárida.

Por otra parte, los niveles de radiación en la zona norte de la península de La Guajira son adecuadas para instalaciones solares de tipo fotovoltaicas o térmicas, las tecnologías como las CSP serían rentables debido a la cantidad de insolación e irradiación mayor a los 6,0 kWh/m<sup>2</sup>.dia (ver figura 2)

**Figura 2.** Mapa de radiación solar global (promedio multianual mes enero kWh/m<sup>2</sup>).



Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2019).

Churio *et al* (2017), mediante un estudio del modelo de Bird y Hulstrom, permitió evaluar la disponibilidad del recurso solar en los departamentos del Cesar, La Guajira y Magdalena; lográndose determinar que el departamento que presenta la más alta radiación global promedio anual es el departamento de La Guajira con un valor de 6,3 kWh/m<sup>2</sup> día, para una atmósfera turbia. De este valor de radiación, el 36 % corresponde a radiación difusa y 64% a radiación directa. En cuanto a disponibilidad de horas de sol, La Guajira posee 7.1 horas, que representa la mejor de las tres locaciones

estudiadas. Igualmente, según la Asociación Empresarial Eólica en su revista en línea REVE (2014), La Guajira Venezolana tiene alta disponibilidad de energía eólica. La disponibilidad de radiación solar en Venezuela, promedia una insolación media por el orden de los 5 kWh/m<sup>2</sup> (el rango de radiación solar va de 4 a 6,7, este último la mayor escala) (REVE, 2014)

En Maracaibo y parte de La Guajira venezolana, la temperatura promedio se considera elevada (35 grados centígrados) (Radiación solar, 2021). Este portal registra que, en Maracaibo, en los primeros días de mayo de 2021, tuvo una radiación solar de 4.131 kWh/m<sup>2</sup>, valor que se ubica por debajo del promedio en La Guajira que se encuentra aproximadamente a 100 km. En suma, el territorio venezolano posee un alto potencial para el aprovechamiento de la energía solar, pues existe la particularidad de que no existen diferencias climáticas extremas a lo largo del año. Específicamente en el norte del estado Zulia y Falcón, hay una radiación directa diaria de 5.0 kWh/m<sup>2</sup>, la cual, combinada con la disponibilidad de las corrientes de aire permanente en las regiones norte costera e insular, revelan una potencial fuente de generación de energía (Radiación solar, 2021).

Para el caso de Chile, Palma (2017) en su artículo, destaca que el Desierto de Atacama es la zona de mayor potencial de energía solar en todo el continente. De estas evidencias, se tiene 43 mil megawatts, que es la capacidad de instalación solar que posee la Región de Arica y Parinacota, con la que podría abastecerse de energía eléctrica a todo Chile. Asimismo, en base a costos/ubicación para la instalación y desarrollo energético, se considera un costo promedio de 89 dólares/MWh para la región de Arica y Coquimbo, y un mínimo de 76 dólares/MWh cerca de Copiaco, región de Atacama (Palma, 2017).

Considerando que el norte de Chile tiene una de las radiaciones solares más altas del mundo, es necesario establecer los límites o bordes geográficos de radiación permisibles para la factibilidad de aplicaciones solares, por ejemplo, en la región metropolitana, región V o VI de Chile.

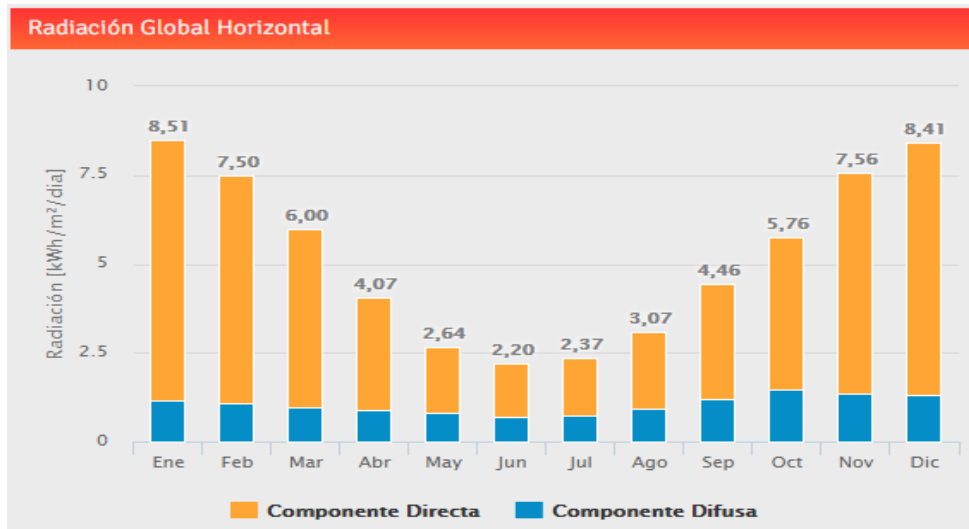
En función de esto, es necesario programar y ejecutar los estudios de campo correspondientes para hacer las comparaciones respectivas con las mediciones satelitales o de algunas simulaciones realizadas. Por ende, aplicaciones de baja entalpia o baja radiación solar podrán valorarse en aplicaciones como: deshidratación de alimentos, diseño de invernaderos para las cosechas, cocimiento de alimentos, calentamiento de fluidos, acondicionamiento de ambientes, entre otros.



Para tal efecto, en Valparaíso usando el programa ValpoSolar, se tomó la iniciativa de realizar el cálculo de la instalación fotovoltaica óptima para cada tipo de establecimiento, mediante la instalación de once (11) estaciones de medición. Esto tenía el propósito de extraer la información solar/eólica de la zona. El programa contempló la instalación de diez (10) estaciones de medición phiNet®11 distribuidas en distintos puntos de la ciudad puerto, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Comunal de Valparaíso. A este respecto, en 2016, se registraron los datos y el comportamiento de la radiación solar global en plano horizontal (GHI) y la temperatura ambiente, así como la dirección y velocidad del viento a baja altura.

Respecto a la región Libertador O'Higgins, se dispone de información de radiación solar mediante la plataforma en línea Explorador Solar de Ministerio de Energía de Chile, así como por una red conocida como Agroclima, producto de convenios entre el sector privado y público que ha permitido la instalación de estaciones meteorológicas a lo largo y ancho de la región. En la figura 3 y la tabla 4 y 5 se resumen los niveles de radiación solar disponible para la VI región.

**Figura 3.** Radiación solar anual Rancagua



Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2021)

**Tabla 4.** Resumen de parámetros Rancagua

<i>Localización</i>	Latitud -34.3°	Longitud -70.82°	Altura 414 msnm
<i>Radiación Anual</i>	Global Horizontal (kWh/m <sup>2</sup> /día) 5.21	Global Inclinada 34° (kWh/m <sup>2</sup> /día) 5.71	Directa Normal (kWh/m <sup>2</sup> /día) 7.04
<i>Información Meteorológica</i>	Frecuencia de nubes (%) 12	Temperatura ambiental (°C) 14.6	Velocidad de viento (m/s) 1.9

Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2021)

Por otro lado, se muestran los valores obtenidos de las estaciones meteorológicas de las principales comunas alrededor de Rancagua para poder establecer una comparación de subjetiva de los datos de radiación solar para cada común (tabla 5).

**Tabla 5.** Radiación solar, máximas mensuales (w/m<sup>2</sup>)

<b>Comuna</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>
Rancagua	1454	1301	1188	979
Graneros	1136	1144	1063	793
Requinoa	1143	1180	1192	860
San Fernando	1279	1279	949	813

Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2021)

Partiendo de los datos de radiación, es preciso determinar la factibilidad para el desarrollo de proyectos para la región Libertador O'Higgins, así como para la Guajira colombo-venezolana, pues se evidencia que las condiciones estarían dadas para adelantar proyectos que coadyuven a su aprovechamiento.

En función de lo antes mencionado, la rentabilidad de las aplicaciones de la radiación solar, según Camayo-Lapa (2015), establece que, radiaciones solares mayores de 4,0 kWh/m<sup>2</sup> /día son rentables y de 5,0 kWh/m<sup>2</sup> /día, son muy rentables. Por ende, en el marco de la disponibilidad energética en las zonas consideradas, seguidamente, se proponen diversas aplicaciones o propuestas de investigaciones potenciales, las cuales se basan a la radiación solar esperada y a otros factores climáticos:

- a) Desarrollo de secadores solares tipo invernadero para aplicaciones en el sector maderero y agrícola, basados en un proyecto de Quintanar (2016);
- b) Desarrollo y optimización de sistemas de calentamiento de agua solar tipo CPC con termosifón para aplicaciones residenciales, siguiendo las especificaciones de Lara *et al* (2016);
- c) Diseño, construcción y análisis experimental de hornos o estufas solares, para interiores o exteriores. En estas existe la factibilidad para una radiación directa promedio de 900 W/m<sup>2</sup> y una temperatura esperada hasta 120 °C, atendiendo a las precisiones de Dorante *et al* (2015).
- d) Desarrollo de correlaciones numéricas aplicadas a la simulación de parámetros solares como una de varias vías de investigación;
- e) Desarrollo o modelado heliostato, mediante la valoración de diferentes tecnologías y materiales, apegado a la simulación de desempeño de Moreno (2018);
- f) Desarrollo y diseño de un sistema de aire acondicionado solar, que representa un área de investigación que busca beneficiar inicialmente a las pequeñas y mediana empresas (pymes) para acondicionar espacios. Asimismo, reducir el consumo de energía convencional y garantizar espacios con climas acondicionados. A este respecto, el sistema consiste principalmente de un campo de colectores solares tipo CPC en caja, una máquina de absorción, una torre de enfriamiento, un tanque de almacenamiento de agua caliente y una manejadora de aire. Por otra parte, se puede complementar o experimentar con una serie de equipos alternativos me garantice una buena eficiencia, hay buena documentación disponible al respecto (Dominguez-Inzunza *et al*, 2016).

### **Parámetros mínimos considerados en proyectos termosolares en las zonas estudiadas**

La Guajira colombo-venezolana es una región árida con dos estaciones, una de verano y otra de invierno. Mientras que, en la región Libertador O'Higgins, se presentan las cuatro estaciones del año (verano, de diciembre a febrero; otoño, de marzo a junio; invierno, de junio a finales de septiembre; y, primavera, de finales de septiembre a finales de diciembre); así entonces los parámetros ambientales a considerar son:

a) *La radiación:* para el caso de la Guajira colombo-venezolana el período más resplandeciente se ubica entre enero y abril, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a 6,1 kWh; mientras que, entre septiembre y noviembre, baja a un promedio de 4.2 kWh. Por su parte, en el caso de Rancagua, tomando la información de la figura 3, se tiene una media anual de 5.31 kWh/m<sup>2</sup>/día.

Considerando que, como dato de interés para desarrollar una planta solar de heliostatos del tipo torre central, se necesitaría una radiación 2000 kWh/m<sup>2</sup>, esto es recomendado por el fabricante SENER en España, que no es fin último de los proyectos a considerar.

b) *Nubosidad:* el municipio con mayor promedio de brillo solar en el país es Uribí, en el departamento de la Guajira. Allí se registran 8,4 horas de sol por día (hsd), según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2019), lo que equivale a 3000 horas de luz solar promedio anual, lo que deja el elemento de nubosidad como un factor de poco impacto.

Por otra parte, en la región de O'Higgins los meses del año con menor nubosidad van desde octubre hasta abril. En términos porcentuales, se tiene un cielo mayormente despejado o parcialmente nublado el 91 % del tiempo, y nublado o mayormente nublado el 9 % del tiempo. En específico, para Rancagua, atendiendo a la información de la tabla 3 se tiene una frecuencia de nubosidad de 12%.

c) *Superficie y topografía:* en cuanto a la superficie requerida, tanto La Guajira colombo-venezolana y la región O'Higgins, cuentan con la superficie necesaria para el desarrollo potencial de proyectos de energía termosolar, por ejemplo, es factible considerar algunas hectáreas no utilizadas en las empresas dedicadas a los cultivos.

d) *Recurso hídrico:* es un factor para sistema de generación de potencia Rankine, en la cual, para el año 1997, se ocupó 3.4 m<sup>3</sup> de agua por MW/h, de los cuales un 1,4 % se usa para actividades de mantenimiento y más del 90 % en el ciclo Rankine, según Orellana (2009). Al revisar los estudios, se aprecia que existe un requerimiento importante de agua para las plantas que operan con ciclos Rankine para generar de vapor de agua, pero actualmente la tecnología permite que una instalación termosolar pueda operar con tecnologías de refrigeración seca y alcanzar un consumo de agua mínimo, en línea con el de una planta térmica convencional.

Por otra parte, la Guajira colombo-venezolana y la región Libertador O'Higgins disponen de suficiente costa y disponibilidad de agua salada, lo que requiere un manejo adecuado del recurso. Para los proyectos propuestos en este trabajo no se requiere gran volumen de demanda del recurso hídrico.

## **Conclusiones**

Un propósito implícito en este artículo de divulgación es aportar elementos e información sustentable para el desarrollo de aplicaciones de energía termosolar, a diferencia de la energía solar fotovoltaica que requiere de otras consideraciones y goza de una amplia aplicación en la actualidad. El proyecto Cerro Dominador en el norte de Chile, recientemente conectado al sistema eléctrico nacional es un ejemplo de las potencialidades termosolares. Además de esto, tal como sus plantas homologas en Estados Unidos y España, se espera un gran aporte al sistema eléctrico nacional, con una operación estable, alta confiabilidad y garantía de suministro de energía en momentos de poca disponibilidad de radiación solar.

Para el caso de la Guajira colombo-venezolana, zona con alta pobreza y limitado acceso a los servicios públicos, desarrollar aplicaciones factibles en el área termosolar es una opción que aprovecharía la alta radiación solar disponible de la zona, la cual podría complementar el uso de la energía eólica. Este esfuerzo es, sin dudas, un desafío desde el punto social, en tanto el sistema eléctrico nacional en Venezuela está en una situación crítica que afecta, en mayor medida, a la zona de La Guajira colombo-venezolana, ubicada al final del sistema de distribución eléctrico nacional.

De igual forma, para la Región Libertador O'Higgins, más que una necesidad, es una manera de optimizar recursos y diversificar el uso de la energía para sus procesos industriales, mineros, agrícolas, manufactureros, entre otros. Para ello, es necesario diseñar y ejecutar proyectos o propuestas de generación termosolar que se encuentren en consonancia con el plan energético nacional. Es importante construir una red de investigación termosolar que permita una mejor articulación y acceso a las diversas propuestas disponibles.

## Referencias bibliográficas

- Arrieta, Luis; Vanegas, Marley y Villicaña, Eunice. (2015). **Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de la Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica.** Documento en línea. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-82612015000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612015000200007). Consulta: 29/03/2021
- Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar (2016). **Perspectiva mundial de la energía solar termoeléctrica.** Documento en línea. Consultado en: <https://www.protermosolar.com/perspectiva-mundial-de-la-energia-solar-termoelectrica/>. Consulta: 17/05/2021
- Camayo-Lapa, Bécquer Frauberth (2015). **Desarrollo del modelo bristow campbell para estimar la radiación solar global de la región de Junin, Perú.** Documento en línea. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v35n2/rtq08215.pdf>. Consulta: 29/03/2021
- Churio, Oscar; Vanegas, Marley y Villicaña, Eunice. (2017). **Cálculo de las radiaciones total, directa y difusa a través de la transmisibilidad atmosférica en los departamentos del Cesar, La Guajira y Magdalena (Colombia).** Documento en línea. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n07/17380703.html#:~:text=Es%20importante%20resaltar%2C%20que%20hay,aun%20considerando%20una%20atm%C3%B3sfera%20turbia>. Consulta: 29/03/2021
- Dorantes, Rubén; Jaramillo, Ángela y Daza, Nathaly (2015). **Cálculo y diseño de una estufa solar parabólica para la cocción de alimentos. XXXIX semana nacional de energía solar, México.** Documento en línea. Disponible en: <https://docplayer.es/34515684-Z-163-calculo-y-diseno-de-una-estufa-solar-parabolica-para-la-coccion-de-alimentos.html>. Consulta: 02/04/2021
- Domínguez-Inzunza, Luis; Soto, Pedro y Rivera, Wilfrido (2016). **Diseño, construcción y puesta en operación de un sistema de aire acondicionado solar. XL semana nacional de energía solar, México.** Documento en línea. Disponible en: [https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/SNES\\_XL.pdf](https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/SNES_XL.pdf). Consulta: 02/04/2021
- Gutiérrez, Jeanfreddy. (2020). **La Irónica abundancia solar y eólica de una Venezuela a oscuras". Dialogo Chino.** Documento en línea. Disponible en: <https://dialogochino.net/es/clima-y-energias/38521-la-ironica-abundancia-solar-y-eolica-de-una-venezuela-a-oscuras/>. Consulta: 17/05/2021
- International Renewable Energy Agency (2019). **Estadísticas de capacidad renovable.** Documento en línea. Disponible en: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2019.pdf). Consulta: 17/05/2021
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2019). **Atlas de radiación, viento y clima.** Documento en línea. Disponible en: <https://feriaexposolar.com/wp-content/uploads/2019/09/Henry-Benavides-Lanzamiento-ATLAS-de-Radiacion.pdf>. Consulta: 03/05/2021

- Lara, Fernando; Ortiz, Rafael; Mercado, Abelardo; Cervantes, Manuel; Ling, Juan; García, Rosa; Coronel, Jesús y Cerezo, Jesús (2016). **Sistema de calentamiento de agua solar tipo CPC con termosifón para aplicaciones residenciales**. En Asociación Nacional de Energía Solar e International Solar Energy Society (Eds). XL Semana Nacional de Energía Solar, 2016: transición energética para el desarrollo sustentable. Pp. 552-557. Documento en línea. Disponible en: [https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/SNES\\_XL.pdf](https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/SNES_XL.pdf). Consulta: 28/03/2021.
- REVE (2014). **Energías renovables, eólica y energía solar, en Zulia**. Documento en línea. Disponible en:  
<https://www.evwind.com/2014/02/16/eolica-el-zulia-es-un-paraiso-para-las-energias-renovables/>  
Consulta: 03/05/2021
- Ministerio de Energía de Chile (2021). **Explorador solar**. Documento en línea. Disponible en: <https://solar.minenergia.cl/inicio>. Consulta 04/03/2021
- Moreno, Isaías. Rivero, David (2018). **Simulación del desempeño de arreglos de miniheliostatos con mecanismos de seguimiento tipo fresnel lineal con elevación**. Documento en línea. Disponible en: [https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/SNES\\_XLII.pdf](https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/SNES_XLII.pdf). Consulta 07/03/2021
- Orellana, Eduardo (2009). **Determinación de áreas con potencial para la instalación de plantas de energía termoeléctricas solar. Caso de estudio: III Región de Atacama**. Pontificia Universidad Católica de Chile. Tesis de Grado. Santiago de Chile, Chile.
- Palma, Francisca (2017). **Energía Solar: las potencialidades que tiene Arica de iluminar todo el país**. Documento en línea. Disponible en:  
<https://www.uchile.cl/noticias/130633/energia-solar-las-potencialidades-de-arica-de-iluminar-el-pais>. Consulta: 15/04/2021
- Quintanar, Juan. (2016). **Evaluación de un secador solar tipo invernadero para agregar valor en la transformación de maderas duras tropicales. XL Semana Nacional de Energía Solar, México**. Documento en línea. Disponible en: [https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/SNES\\_XL.pdf](https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/SNES_XL.pdf). Consulta: 15/04/2021
- Roca, José (2016). **Las 10 plantas termosolares más grandes del mundo: EEUU y España se parten el 90 % del pastel**. Documento en línea. Disponible en:  
<https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-plantas-termosolares-mas-grandes-del-mundo-eeuu-y-espana-se-reparten-el-90-del-pastel/>. Consulta: 15/04/2021