

Evaluación de áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre mediante la utilización de sistemas de información geográfica

Haim, Alejandro; Garbarini, Ramiro; Sánchez Cecilia; Saavedra Martínez Paola; Cigliuti Pablo

Grupo de Energías Renovables de Ingeniería Mecánica.

Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería de Software.

Laboratorio de Sistemas de Información. Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información. Facultad Regional Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional.

Abstract

Uno de los problemas del mundo es la gradual disminución de las fuentes tradicionales de energía como el petróleo, gas y carbón. La combustión de importantes cantidades de estos recursos está produciendo severos efectos sobre el clima y resultan altamente contaminantes, esta es la razón por la cual en el futuro la humanidad necesitará de otras alternativas para obtener energía, estas fuentes pueden ser la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica.

La energía solar termoeléctrica presenta ciertas ventajas respecto a otras energías renovables como su continuidad en despacho energético las 24hs los 7 días de la semana debido a su almacenamiento térmico. Para determinar la ubicación de este tipo de plantas es necesario que la zona cumpla con ciertas características geográficas, climatológicas, hidrológicas y de infraestructura.

En este contexto, el trabajo presenta la experiencia realizada para definir áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en el territorio de la República Argentina mediante la utilización de herramientas informáticas de análisis y de procesamiento geo-espacial propias de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Palabras Clave

Sistemas de Información Geográfica, planta solar termoeléctrica, energía renovable, evaluación áreas geográficas.

Introducción

Las energías renovables hoy en día presentan una solución posible a algunos de los problemas ambientales que preocupan a la sociedad, estas energías presentan ventajas y desventajas respecto a las fuentes tradicionales de energía, pero una de las ventajas más importantes es la disminución

de emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo una desventaja es que su continuidad de despacho energético depende de las condiciones climáticas como la disponibilidad de radiación solar o de viento por ejemplo.

Las nuevas tecnologías como la solar termoeléctrica ha desarrollado plantas que permiten almacenar la energía solar en energía térmica y utilizarla en ausencia del sol, este nuevo desarrollo posiciona a esta tecnología en forma competitiva desde el punto de vista técnico respecto a la continuidad de despacho energético.

Sin embargo este tipo de plantas deben ubicarse en determinadas zonas que cumplan con ciertas características climatológicas, geográficas, hidrológicas y de infraestructura. La ubicación errónea de este tipo de plantas puede llegar a hacer fracasar el proyecto teniendo pérdidas millonarias, es por ello que la determinación de posibles zonas geográficas para la instalación de este tipo de plantas es clave para el éxito del proyecto.

Según el Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina, la superficie total del territorio argentino es de 3.761.274 km² [1], para llevar adelante el estudio sobre esta gran extensión de terreno se requiere de la ayuda de herramientas informáticas, para este trabajo se utilizaron sistemas de información geográfica que permiten acotar el área de búsqueda y definir cuáles son las zonas más aptas.

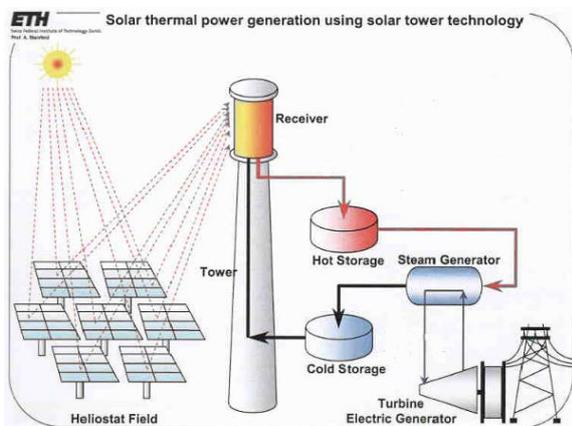
Una planta solar puede llegar a ocupar más de 150 hectáreas para una potencia instalada de 17 MW (figura 1).



[1] Planta Solar Termoeléctrica "GEMASOLAR", España. Figura 1.

La mayor superficie está ocupada por heliostatos, espejos con estructura soporte que direccionan los rayos a una torre central, y en menor proporción por la torre central y los equipos anexos.

El funcionamiento de esta planta es muy simple, todos los rayos solares que inciden en los espejos, son reflejados hacia una torre central donde transfieren su energía a un fluido (sales fundidas), este fluido se calienta hasta 565°C y es almacenado en un tanque aislante, estas sales son enviadas desde el tanque a un intercambiador de calor para generar vapor y ser enviado a una turbina de vapor y generar energía eléctrica. Las sales que salen del intercambiador de calor son almacenadas en un tanque de sales frías para ser nuevamente enviadas a la torre (figura 2).



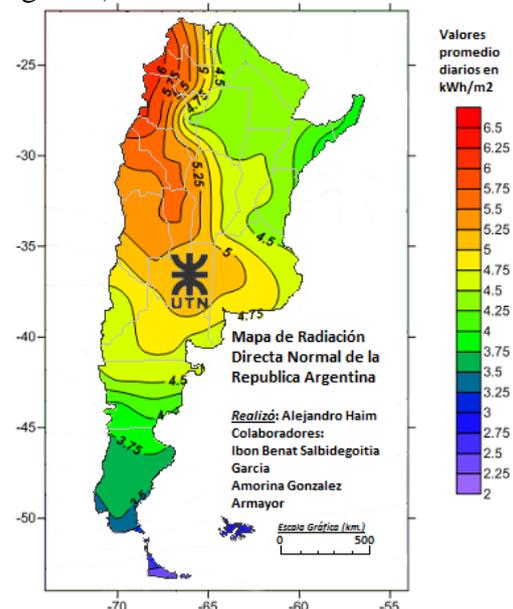
Esquema de funcionamiento (figura 2).

La planta para su funcionamiento requiere radiación solar en forma directa, y valores

superiores a 4,75kWh/día por año [2], además requiere superficies relativamente planas, con pendientes no mayores al 5%, acceso a rutas asfaltadas, conexión a red eléctrica de 132KV y abastecimiento hídrico. Cualquiera de estos recursos es indispensable para el correcto funcionamiento de la planta.

Elementos del Trabajo y metodología

El objetivo del trabajo fue encontrar zonas que cumplan con los recursos nombrados anteriormente, de los cuales el más importante es el recurso solar, con lo que se acotó la zona de trabajo, solamente a los lugares que superen los 4,75 kWh/día, (ver figura 3)



[3] Mapa de radiación solar directa normal de la República Argentina. Figura 3.

Para el resto de los recursos se estimó que la distancia máxima al recurso no debe superar un radio de 50 km. Para determinar zonas que cumplan con estos requisitos era necesario utilizar información geográfica (capas) de rutas, sistema eléctrico y recursos hídricos, establecer buffers de 50km, para luego intersectarlos entre sí con el mapa de radiación, obteniendo como resultados las zonas aptas.

Para ello se requirió de la utilización de Sistemas de Información Geográfica, los productos software utilizados fueron el

ArcGis (ArcEditor) [3] y Global Mapper [4]. Los datos de radiación solar fueron obtenidos del mapa de radiación solar directa normal realizado por Ing. Alejandro Haim [5], los datos del Sistema Eléctrico Interconectado fueron suministrados por CAMMESA [6], los datos de los límites provinciales, recursos hídricos, red vial, fueron suministrados por el Instituto Geográfico Nacional [7] toda esta información está referenciada en coordenadas geográficas en el Sistema WGS 84 , Marco de Referencia POSGAR 94 y su escala de captura es 1:250.000, adicionalmente se utilizó un modelo de elevación digital (DEM) con una resolución de 250m² por pixel con proyección geográfica y Datum WSG84, el cual es publicado por Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI) [8]. El DEM 250 es un subproducto de un DEM de 90m² por pixel denominado SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1.

Información	Capa	Tipo Capa
radiación solar directa normal	radiación	polígono
Sistema Eléctrico Interconectado	líneas_eléctricas	Línea
Límites Provinciales	provincias	polígono
recursos hídricos	ríos	Línea
	cuerpos_de_agua	polígono
red vial	red_vial	línea
Modelo de Elevación Digital (1 pixel = 250m ²)	DEM_250	raster

Tabla 1. Información geográfica utilizada.

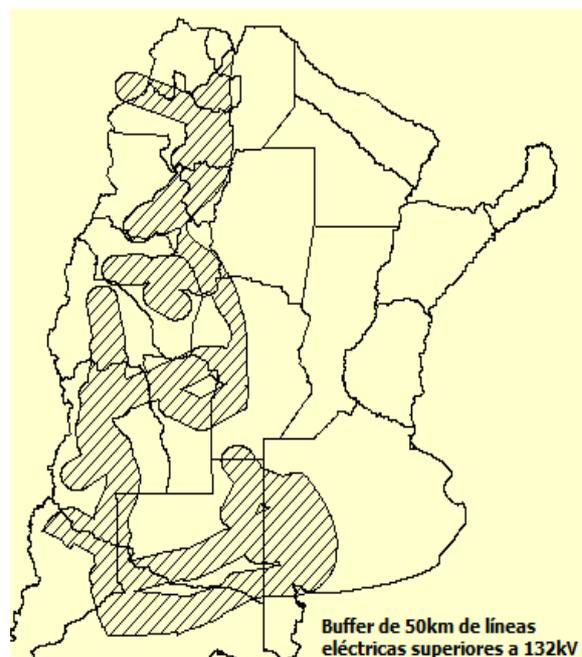
El primer paso fue identificar las zonas geográficas donde radiación supera los 4,75kWh/día. A continuación se detallan las operaciones que se realizaron con el software ArcEditor a las distintas capas:

- Capa: radiación
 - Selección de polígonos cuyo atributo de radiación supere los 4,75kWh/día
- Capa: líneas_eléctricas

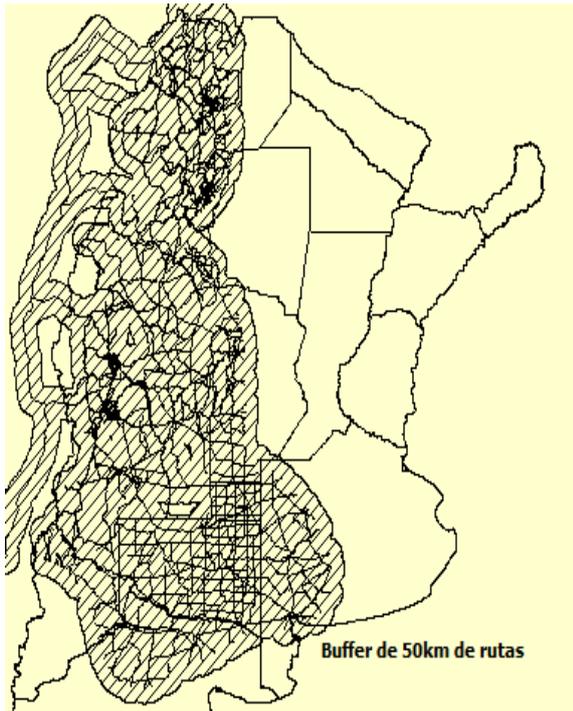
- Selección de líneas cuyo atributo de potencia supere los 132KV.
- Buffer de 50km

- Capa: ríos
 - Buffer de 50km
- Capa: Cuerpos_de_agua
 - Buffer de 50km
- Capa: red_vial
 - selección de líneas que sean "RUTA" o "AUTOPISTAS"
 - Buffer de 50km"

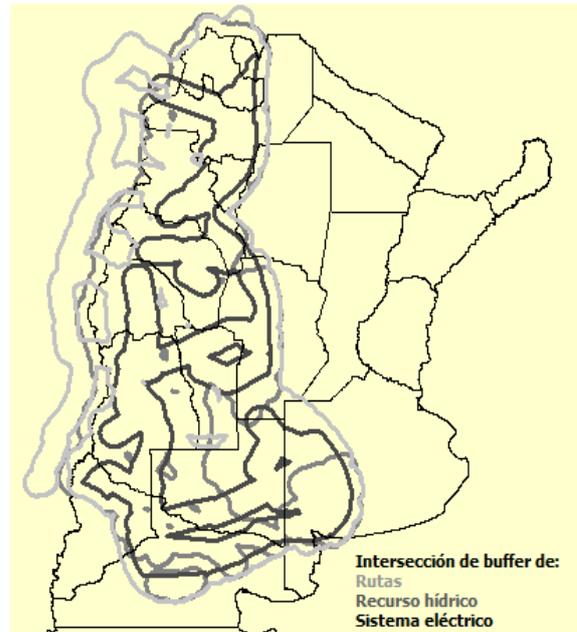
Las figuras 4, 5, 6, 7 presentan los datos obtenidos.



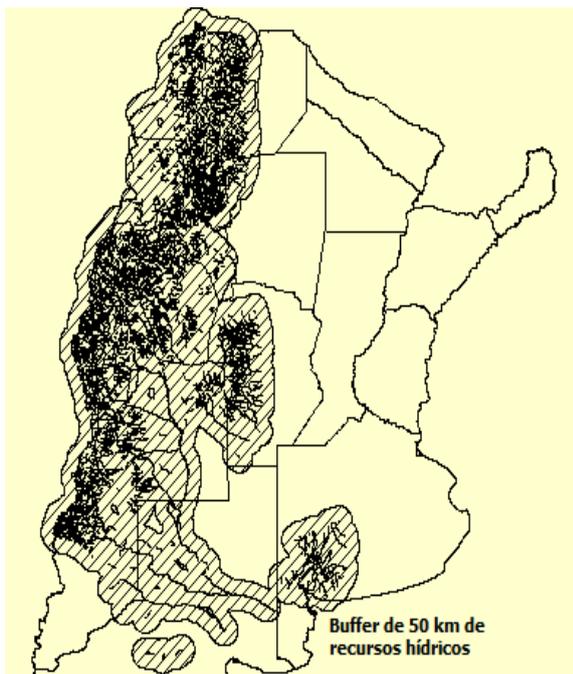
[4] Líneas eléctricas superiores a 132kv en un contorno de 50km. Figura 4



[5] Rutas en un contorno de 50km. Figura 5



Capas de rutas, líneas eléctricas, ríos, en un contorno de 50km en la zona de radiación superior a 4,75 kWh/m². Figura 7.



[6] Recursos Hídricos en un contorno de 50km. Figura 6.

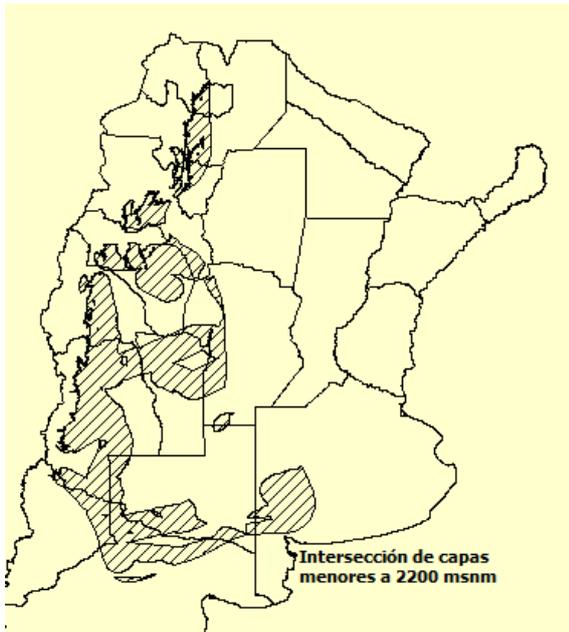
Una vez realizada la superposición se procedió a realizar la intersección de los mapas que determinó cuales son las zonas que cumplen con los 3 requisitos. Figura 8.



Intersección de capas de rutas, líneas eléctricas, ríos, en un contorno de 50km en la zona de radiación superior a 4,75 kWh/m². Figura 8

Una vez realizados todos los mapas se procedió a la superposición de los mismos, obteniendo el siguiente gráfico:

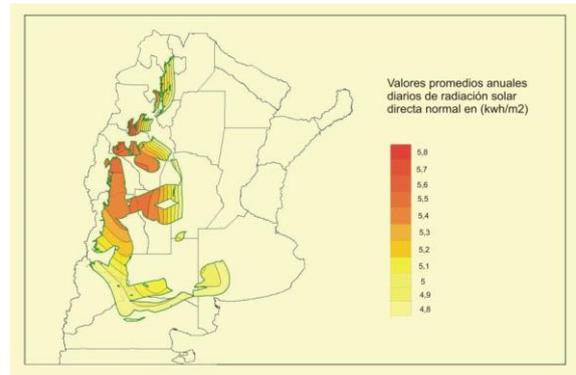
A partir del resultado obtenido se generó una nueva capa de información geográfica denominada “zonas”.



Intersección de capas de rutas, líneas eléctricas, ríos, en un contorno de 50km en la zona de irradiación superior a 4,75 kWh/m² para niveles inferiores a 2200 m.s.n.m. Figura 9.

A modo de acotar la búsqueda de una zona apta para la instalación de plantas termoeléctricas, se quitaron todas las zonas superiores a 2200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), debido a que la probabilidad de que exista una superficie adecuada para la instalación de la planta es muy baja, teniendo en cuenta que la mayoría del terreno a esa altura es montañoso e irregular en su mayoría. Mediante la herramienta Global Mapper utilizando la capa “DEM_250” se seleccionó el terreno con elevación menor o igual a 2.200 m.s.n.m., luego se desplegó la capa “zonas” y de cuya intersección se generó la capa “zonas_óptimas”, figura 9, cuya superficie es de 356.307 km².

En el figura 10 se han superpuesto las zonas más recomendables para instalar plantas solares termoeléctricas (capa “zonas_óptimas”) con las curvas de radiación solar directa normal, para luego realizar una intersección entre ellas con las herramientas SIG, obteniendo como resultado la irradiación solar directa normal solo en las zonas óptimas de instalación.

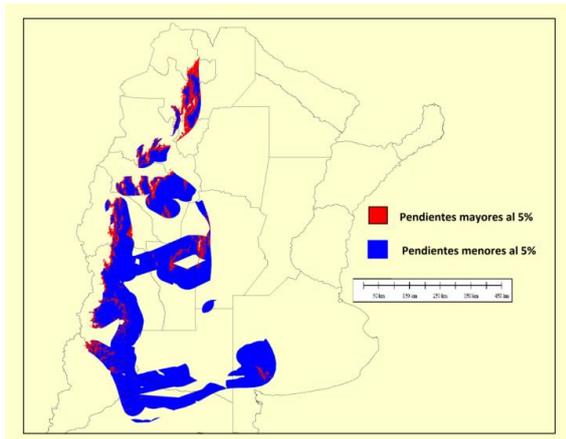


Radiación solar directa en las zonas óptimas para la instalación de plantas solares termoeléctricas. Figura 10.

Si comparamos el gráfico de radiación solar directa normal (Figura 3) con la Figura 10, vemos que en la Argentina las zonas de mayor radiación solar directa normal son el oeste de las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca y La Rioja; sin embargo, las zonas de mayor radiación, en su mayoría, no son incluidas en la Figura 10, debido a que no cumplen con los demás requisitos para instalar la planta.

La Figura 10 es útil para seleccionar zonas óptimas para la instalación de plantas solares termoeléctricas de torre según la radiación solar directa normal deseada, mientras más irradiación es recibida por la planta mayor será su producción de energía eléctrica, esto significa un aumento de los ingresos de dinero por la venta de energía eléctrica a la red eléctrica.

En la Figura 11 se representa el análisis de pendientes realizado con Global Mapper sobre la capa “zonas_óptimas”, donde se diferencian las zonas con pendientes mayores al 5% y las zonas con pendientes menores al 5%. Para instalar una planta termoeléctrica de torre es recomendable contar con un terreno plano, si bien es posible realizar una remoción de tierra, es preferible seleccionar el lugar donde la remoción de tierra sea la menor posible. También de esta manera, mediante el Figura 11, discriminamos zonas de cerros y montañas de la cordillera y pre-cordillera.



Zonas óptimas para la instalación de plantas solares termoeléctricas discriminando pendientes mayores al 5%. Figura 11.

Resultados

En la Figura 11, se observa que la superficie potencial para instalar la planta, la Argentina, tiene una superficie de 356.307 km² que involucra a muchas provincias del país, esta superficie representa el 9,4% del territorio de la República Argentina. Para determinar cuáles son las provincias con mayor potencial para la instalación de la planta se realizó una matriz de decisión que determina, según el mayor puntaje, cuál sería la provincia más recomendable para la instalación de la planta, según la disponibilidad de recursos.

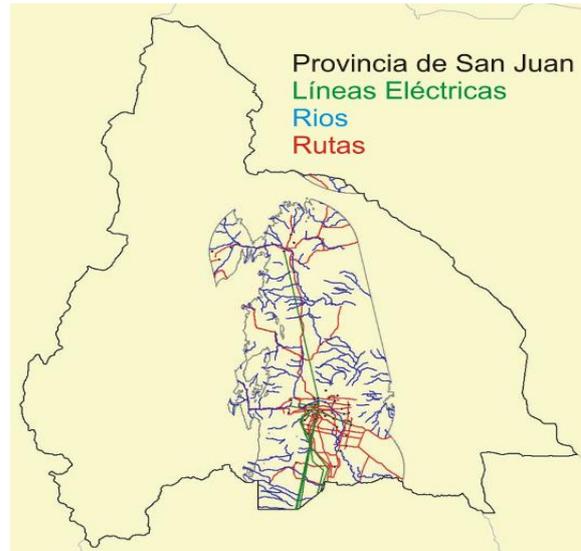
La provincia que mayor puntaje obtuvo es la provincia de San Juan con 284 puntos, por lo tanto podemos decir que esta provincia es la más recomendable para la instalación de la planta. En la tabla 2, están los resultados de los valores totales de la matriz de decisión, ordenados por orden de posición obtenida. [3]

Provincia	Total	Posición
San Juan	284	1
La Rioja	269	2
Mendoza	263	3
San Luis	261	4
La Pampa	250	5
Tucumán	240	6
Salta	231	7

Provincia	Total	Posición
Catamarca	229	8
Buenos Aires	225	9
Córdoba	219	10

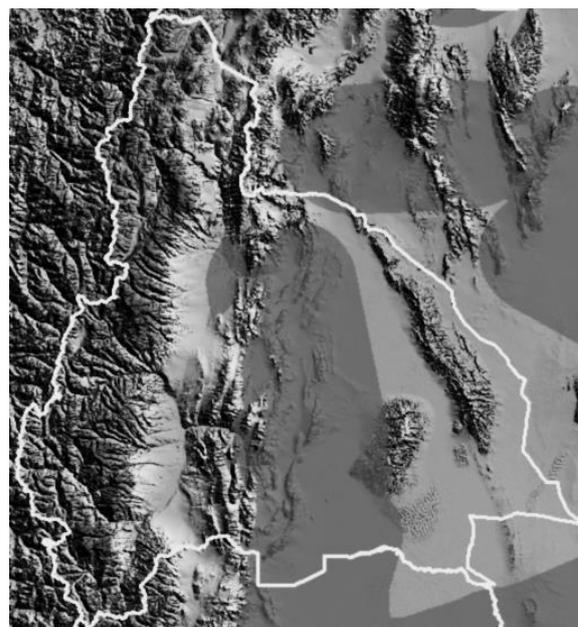
Tabla 2. Resultados de la matriz de decisión.

A continuación en la figura 12 se puede observar la Provincia de San Juan, delimitando las zonas aptas para la instalación de la planta y la disponibilidad de recursos.



Zona potencial de la Provincia de San Juan. Figura 12.

La Figura 13 presenta la zona anterior sobre el modelo de elevación digital (DEM 250).



Zona potencial de la Provincia de San Juan sobre DEM 250. Figura 13.

Discusión

Realizar este tipo de análisis y trabajo requiere de varias cosas: disponer de los datos que pueden estar o no en formato de trabajo geo-espacial, disponer de las herramientas SIG, el conocimiento para su aplicación y el recurso humano. Cualquier carencia de estos factores hace imposible su implementación, en el caso del presente trabajo fue posible su implementación debido al trabajo multidisciplinario entre los integrantes, la disponibilidad de datos y del Laboratorio de Sistemas de Información de la UTN.BA. Este trabajo llevó más de 3 meses de realización, sin embargo, las conclusiones obtenidas pueden llegar a ahorrar millones de dólares si se instalara la planta en un lugar incorrecto, el costo de una planta de 50MW de este tipo es de 300 millones de dólares.

Los resultados han demostrado que existen extensas áreas óptimas para la instalación de plantas sin embargo antes de determinar el lugar de implementación es recomendable hacer un estudio exhaustivo de la zona elegida, como por ejemplo conocer la disponibilidad de las tierras, características meteorológicas particulares de la zona. Los mapas resultantes y su proceso de obtención no solo sirven para la instalación de plantas solares termoeléctricas sino también para cualquier equipo que utilice la radiación solar directa como pueden ser cocinas solares, hornos metalúrgicos solares, potabilizadores de agua solares, equipos de obtención de hidrógeno solar por cracking.

Conclusión

Mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica se pudieron determinar las zonas óptimas para la instalación de plantas solares termoeléctricas de torre obteniendo un resultado unos 356.307 km². Mediante la matriz de decisión se pudo determinar cuál

es la provincia más recomendable para instalar la planta solar, que es la provincia de San Juan.

Para la determinación rápida de la ubicación de una planta solar termoeléctrica se debería buscar la zona de mayor irradiación normal directa para instalarla; sin embargo, mediante este trabajo y utilizando las herramientas que brindan los SIGs, se determinó que la mejor ubicación no está en la zona de mayor irradiación normal directa. Por ejemplo, según la figura 3, la Argentina posee lugares con valores de irradiación diaria mayores a 6 kWh/m²; sin embargo, mediante esta experiencia se determinó que esa zona no es la más recomendable para la instalación de la planta. Pero se determinaron lugares con excelentes valores de radiación solar directa normal que son aptos para la instalación de la planta que poseen recursos hídricos, acceso a rutas, conexión al sistema eléctrico interconectado nacional.

Como conclusión podemos afirmar que herramientas y procesamiento SIG son propicias para llevar adelante este tipo de estudios

Referencias

[1] Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina. <http://www.ign.gob.ar/AreaProfesional/Geografia/DatosArgentina/DivisionPolitica> Página vigente al 02/08/2013.

[2] Empresa Torresol Energy S.A., Sevilla. España 2011.

[3] Esri, ArcGis (ArcEditor)

<http://www.esri.com/software/arcgis/arceditor/>. Página vigente al 02/08/2013.

[4] Blue Marble Geographics, Global Mapper.

<http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php> Página vigente al 02/08/2013.

[5] Haim Alejandro, "Estudio para definir áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en la Argentina". Tesis de Maestría de Energías Renovables. UTN. Bs. As. Diciembre 2012.

[6] CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S. A. Abril 2012

[7] Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina. <http://www.ign.gob.ar/sig> Página vigente al 02/08/2013.

[8] Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI) <http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1#download> Página vigente al 02/08/2013.

Datos de Contacto:

Alejandro Haim, Ramiro Garbarini, Cecilia Sánchez, Paola Saavedra Martínez, Pablo Cigliuti. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. disilab@frba.utn.edu.