



*Documento
Técnico de
Trabajo*

Planificación Energética y Energías Renovables

Potencial de centrales solares fotovoltaicas
mayores a 20 MW para generar electricidad al
Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)

El presente documento ha sido elaborado con el objetivo de brindar información técnica relacionada a las actividades de planificación energética y energías renovables de la Dirección General de Eficiencia Energética.

La evaluación del potencial de recursos naturales para la producción de energía es una de las actividades clave del proceso de planificación energética.

Por ello, en esta oportunidad, se presenta el tema de “Potencial de centrales solares fotovoltaicas* mayores a 20 MW para generar electricidad al SEIN”.

El contenido muestra la estimación del potencial de centrales solares fotovoltaicas mayores a 20 MW que se encuentran cercanas a la red del SEIN, resultados obtenidos de la herramienta de análisis Perú Renewable Energy Data Explorer de NREL.

Antecedente

El Ministerio de Energía y Minas de Perú (MINEM) en colaboración con The National Renewable Energy Laboratory (NREL) desarrolló la plataforma web denominada The Peru Renewable Energy Data Explorer (RE Data Explorer).

Esta plataforma es de acceso público y permite visualizar y analizar datos del potencial solar utilizando datos geoespaciales o georreferenciados¹. Dispone información de las principales variables climatológicas, radiación solar, velocidad del viento, uso de tierras, entre otros². La información del recurso solar de NREL se obtuvo de The National Solar Radiation Database (NSRDB)³ que tiene una resolución de cuadrículas de 4 km por 4 km. También contiene información del recurso eólico a partir de datos del Global Wind Atlas ⁴.

El MINEM realizó la elaboración del presente documento técnico con el apoyo de la Cooperación Alemana para el Desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto Distribución Eléctrica 4.0.

Descripción metodológica del potencial solar

El potencial técnico se muestra en términos de capacidad instalada y producción de energía anual para una tecnología determinada. Los resultados dependen del potencial de los recursos solares, considerando el rendimiento del sistema de la tecnología solar fotovoltaica, limitaciones topográficas, ambientales y restricciones de uso de la tierra.

Después de excluir las limitaciones geográficas (áreas protegidas, áreas urbanizadas, reservas de agua, etc), la herramienta RE Data Explorer evalúa la disponibilidad del terreno por cada parcela (cuadrícula de 90 por 90 metros). Luego, se multiplica el área de terreno por la variable de densidad de potencia por área, obteniendo la capacidad instalada de planta en MW en cada región ⁵.

Luego de obtener el resultado de la capacidad instalada de planta en cada región, se multiplica por el factor de capacidad de planta con la disponibilidad del recurso solar que se considera para sistemas fotovoltaicos utilizando la irradiación horizontal global y las 8 760 horas al año para obtener la producción eléctrica anual MWh/año ⁶.

*Las centrales solares fotovoltaicas convierten la energía solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Este efecto consiste en hacer incidir la radiación solar sobre una superficie de cristal, llamada célula solar, y producir en forma directa una corriente eléctrica.



Definición de variables para analizar el potencial de centrales solares fotovoltaicas mayores a 20 MW cercanas al sistema de transmisión

El análisis del potencial se realiza para la tecnología solar fotovoltaica con seguimiento solar de un eje. Se evaluaron dos escenarios que se diferencian en el tipo de zonas y su acceso a líneas de transmisión. En el escenario 1 se consideró las zonas áridas y que en su mayoría están cercanas a la costa. En el escenario 2, se adicionó las zonas descampadas (open wildlands), ampliándose a más áreas de la sierra del país. En este último escenario también se incluye zonas menos cercanas al sistema de transmisión. Las variables seleccionadas con la herramienta RE Data Explorer se detallan en la tabla N°1. Los resultados, en la tabla N°2 y figura N°1.

■ **Tabla 1: Descripción de las variables para analizar el potencial de centrales solares fotovoltaicas**

Variable	Escenario 1		Escenario 2
Radiación Solar	Entre 6,1 y 9 kWh/m²/día		
Densidad de potencia por área	50 MW/Km²		
Pendiente del terreno	Máximo de 5%		
Zona de análisis	Zonas áridas	Zonas áridas y descampadas (open wildlands)	
Zonas de acceso con límite de distancia a líneas de transmisión	5 km	10 km	

Notas de supuestos para los escenarios:

- Radiación solar:** Se evalúa proyectos con mejores condiciones de radiación solar, y por ende, más económicos. Dado los altos niveles de radiación solar en el Perú (Ver Figura N°2), se ha considerando un rango entre 6,1 y 9 kWh/m²/día.
- Densidad de potencia por área:** Es un indicador que mide la cantidad de potencia que se podrá instalar en 1 kilómetro cuadrado. Se consideró un indicador de 50 MW/km², tomando como referencia la disposición de plantas solares similares que operan en el SEIN desde el año 2018, es decir, mayores a 20 MW y con seguimiento solar de un eje. También se consideró que los próximos proyectos solares fotovoltaicos serán instalados con módulos fotovoltaicos más eficientes, mostrando una capacidad de potencia mayor a 400 W para una misma área del módulo.
- Zona de análisis:** "Para el escenario 1 solo se consideró zonas áridas, excluyéndose áreas protegidas, además de zonas de tipo agrícola, bosque, urbano, humedal, y descampado (Ver Figura N°3). En el escenario 2, es similar, pero se incluyen las zonas de tipo descampado.
- Zonas de acceso con límite de distancia a líneas de transmisión:** Se consideró zonas potenciales cercanas a 5 km del sistema de transmisión para el escenario 1, 10 km para el escenario 2. Algunas plantas solares se conectan a más de 10 km de distancia, sin embargo, se consideró que hasta dicho límite la inversión para ampliar líneas y subestaciones es más económica para ser asociado al proyecto.

■ **Evaluación de resultados**

Los resultados muestran que existe un gran potencial solar en el Perú, inclusive considerando parámetros técnicos que se exigen a proyectos fotovoltaicos competitivos. Asimismo, se observa el poco requerimiento de terreno en comparación con la superficie terrestre del país.

Para los escenarios N°1 y N°2, la capacidad instalada de generación fue de 399 GW y 937 GW respectivamente. El segundo es mayor porque a diferencia del primero, se incluyeron zonas descampadas y el doble del límite de distancia a líneas de transmisión (10 Km).

■ **Tabla 2: Resultados del potencial con parques solares fotovoltaicos**

Indicadores	Escenario 1	Escenario 2
Área de terreno (km²)	7 986	18 744
Capacidad Instalada (GW)	399	937
Generación anual (GWh/año)	909 056	2 137 630

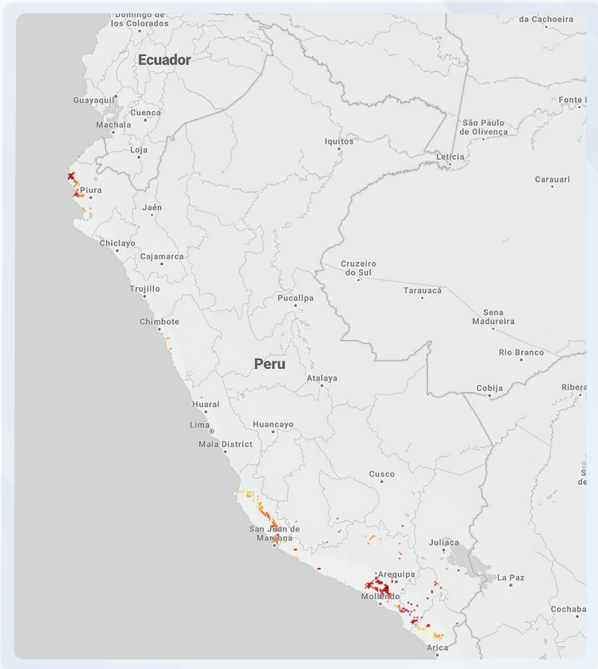
La geografía de cada región determina la disponibilidad del recurso solar.

En ambos escenarios la zonas de mayor potencial se encuentra en la costa sur del país, en las regiones de Arequipa, Ica, Tacna y Moquegua. Estas regiones presentan una radiación solar promedio superior a 6 KWh/m²/día.

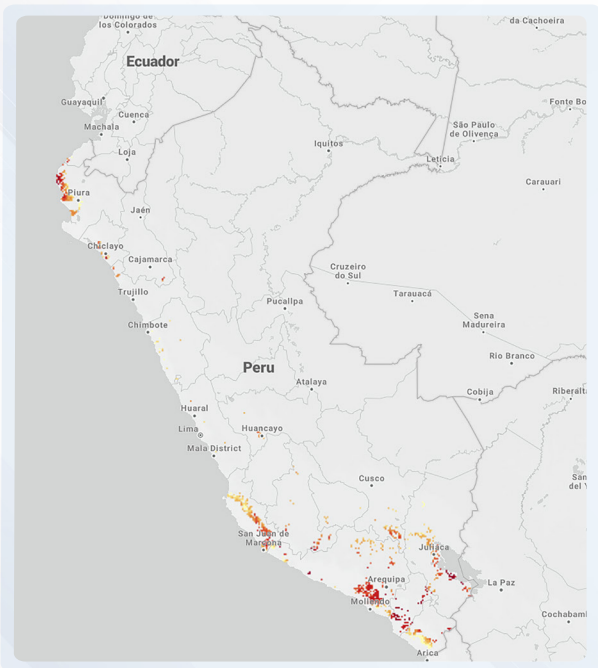
Actualmente, en las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna se encuentran operando siete centrales fotovoltaicas con una potencia instalada total de 0,3 GW.

Figura 1: Resultados de los escenarios por región

Región	Escenario 1		
	Energía (MWh/año)	Área de terreno (km²)	Potencia (MW)
ANCASH	17 033 026	161	8 075
APURIMAC	1 001 310	9	454
AREQUIPA	296 011 112	2 497	124 866
AYACUCHO	8 833 245	77	3 843
CAJAMARCA	164 604	2	81
CUSCO	1 443 401	13	633
HUANCAVELICA	227 549	2	103
ICA	237 362 392	2 108	105 404
JUNIN	301 002	3	134
LA LIBERTAD	2 529 067	24	1 215
LAMBAYEQUE	8 302 231	79	3 938
LIMA	2 564 258	24	1 186
MOQUEGUA	75 806 733	635	31 746
PIURA	137 408 417	1 286	64 312
PUNO	18 065 647	150	7 503
TACNA	99 262 313	890	44 480
TUMBES	2 739 877	26	1 314
TOTAL	909 056 184	7 986	399 287



Región	Escenario 2		
	Energía (MWh/año)	Área de terreno (km²)	Potencia (MW)
ANCASH	29 861 920	281	14 059
APURIMAC	18 224 764	165	8 253
AREQUIPA	544 750 090	4611	230 557
AYACUCHO	67 477 727	592	29 610
CAJAMARCA	4 321 373	40	2 013
CUSCO	99 655 071	877	43 838
HUANCAVELICA	5 673 713	51	2 560
HUANUCO	13 198	0,12	6
ICA	360 595 449	3203	160 143
JUNIN	22 356 438	201	10 048
LA LIBERTAD	18 596 824	178	8 897
LAMBAYEQUE	43 036 046	407	20 340
LIMA	10 227 115	95	4 732
MOQUEGUA	133 686 921	1117	55 864
PIURA	280 365 508	2643	132 131
PUNO	325 798 290	2730	136 509
TACNA	161 227 612	1438	71 898
TUMBES	11 762 614	115	5 727
TOTAL	2 137 630 673	18 744	937 185



Fuente: RE Data Explorer de NREL (Referencia 7)

- Algunas regiones del Perú no se muestran en la lista de la figura N°1, o presentan poco potencial. Esto se debe a los supuestos establecidos en la evaluación. Sin embargo, como se aprecia en la figura N°2, todas las regiones del país poseen niveles de radiación aprovechables; solo limitadas por la cercanía a las redes de transmisión, o por contener áreas protegidas y bosques, como es el caso de la amazonía.

Conclusiones

El Perú cuenta con un inmenso potencial de energía solar que puede ser desarrollado de manera sostenible en el mercado eléctrico para la seguridad energética de largo plazo, transitando al mismo tiempo hacia una economía con bajos niveles de emisión de carbono.

Del análisis se observa que existe grandes espacios de terreno con posibilidad de conectarse a una red de transmisión. En particular, la intensidad del potencial en la zona sur y norte del país permitirá descentralizar la producción de la electricidad que se transporta a través de la red eléctrica interconectada a nivel nacional.

Asimismo, la cercanía de este potencial a la zona costera del país abre oportunidades de industrias relacionadas con la producción de hidrógeno verde.

En ese sentido, la planificación energética de mediano y largo plazo debe evaluar la necesidad de promover acciones como, el incremento de la capacidad de las líneas de transmisión, incorporación de sistemas de almacenamiento, así como regulaciones que incrementen la resiliencia del sistema eléctrico ante la operación intermitente de la tecnología evaluada.

Es importante resaltar, que mediante el RE Data Explorer también se puede evaluar el potencial solar en base al uso de la tecnología termosolar, que a diferencia de la fotovoltaica, incluye sistemas de almacenamiento térmico que le permite operar en periodos con poca radiación solar.

Cabe señalar, que los resultados de potencial son análisis preliminares en base a información geoespacial de acceso libre del RE Data Explorer. Por ello, la factibilidad de desarrollar cada proyecto de energía renovable depende de profundizar estudios para evaluar condiciones específicas de tipo económico, ambiental, social y legal.

Figura N°3:

Mapa de categoría del terreno del RE Data Explorer

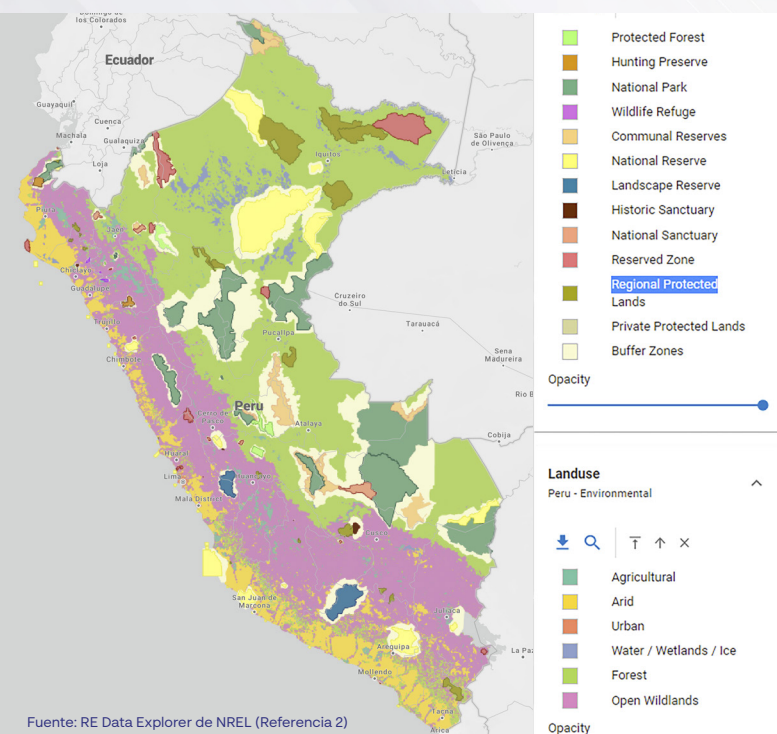
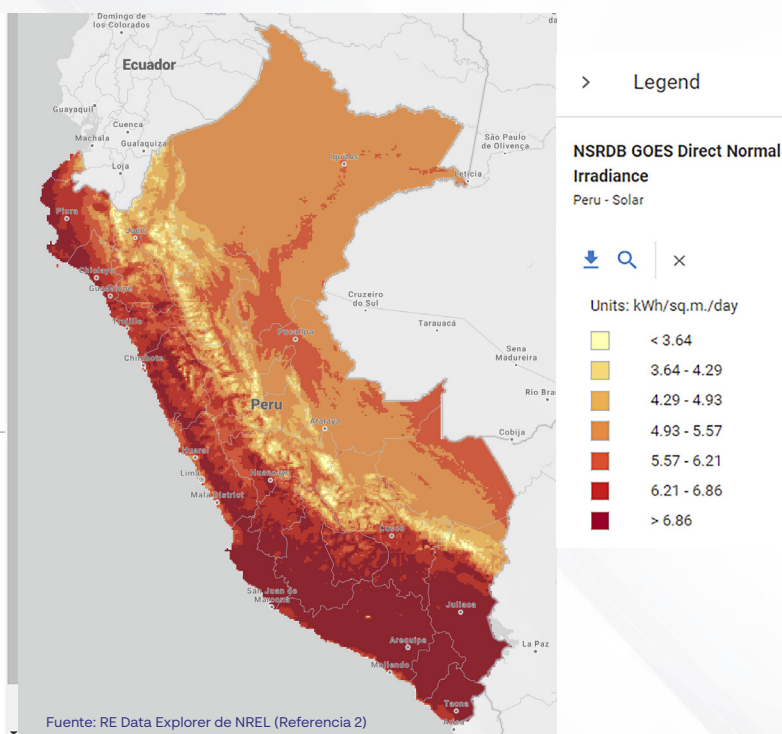


Figura N°2:

Mapa de irradiación solar normal directa del RE Data Explorer



- **Juan Orlando Cossio Williams**
Director General de Eficiencia Energética (e)
- **Equipo Responsable**
Ing. Lucero Luciano De la Cruz
Ing. Claudia Espinoza Zegarra
Ing. Luis Vilchez León

- **Correo electrónico:** dgee1@minem.gob.pe
- **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS**
Av. Las Artes Sur 260, San Borja
Teléfono (+511) 4111100 Anexo 2601
www.minem.gob.pe

Referencias

- 1 <https://www.re-explorer.org/re-data-explorer/technical-potential/intro>
- 2 <https://www.re-explorer.org/re-data-explorer/data-library/layers>
- 3 <https://nsrdb.nrel.gov/>
- 4 <https://globalwindatlas.info/>
- 5 <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73941.pdf>
- 6 <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/68899.pdf>
7. <https://www.re-explorer.org/re-data-explorer/technical-potential/results>



PERÚ

Ministerio de Energía y Minas



Implementada por
giz
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH