REPORTE DE ANÁLISIS ECONÓMICO SECTORIAL

SECTOR ELECTRICIDAD – El Uso de los Recursos Energéticos Renovables No Convencionales y la Mitigación del Cambio Climático en el Perú

Año 3 – N° 4 – Noviembre 2014

Osinergmin

ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA

Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar
Lima – Perú
www.osinerg.gob.pe

Oficina de Estudios Económicos
Teléfono: 219-3400 Anexo 1057
http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Estudios_Economicos/77.htm

Osinergmin
ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA

Contenido

Presentación 3

La lucha contra el Cambio Climático y las Fuentes Renovables No Convencionales (RER) 4

El uso de las fuentes RER y su beneficio ambiental en el Perú 10

Notas 18

Abreviaturas utilizadas 20

Presentación

Como parte de sus actividades asociadas a la gestión del conocimiento dentro del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), la Oficina de Estudios Económicos (OEE) realiza un seguimiento a los principales eventos y discusiones de política en los sectores energético y minero. Este esfuerzo se traduce en los Reportes de Análisis Económico Sectorial (RAES) sobre las industrias reguladas y supervisadas por Osinergmin (gas natural, hidrocarburos líquidos, electricidad y minería).

Los RAES buscan sintetizar los principales puntos de discusión de los temas económicos vinculados a las industrias bajo el ámbito de Osinergmin, dando a conocer el posible desarrollo o la evolución futura de estos sectores. El presente RAES del sector eléctrico aborda los siguientes temas: i) la lucha contra el cambio climático y las fuentes renovables no convencionales (RER) y (ii) el uso de las RER y su beneficio ambiental en el Perú.

Los comentarios y sugerencias se pueden enviar a avasquez@osinerg.gob.pe o a cvilches@osinerg.gob.pe.

Arturo L. Vásquez Cordano
Gerente de Estudios Económicos

Osinergmin
ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA

La lucha contra el Cambio Climático y las Fuentes Renovables No Convencionales (RER)

Introducción

Con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático y sus consecuencias para el medio ambiente, la comunidad internacional ha suscrito diversos compromisos internacionales. Entre los más representativos se encuentran el Protocolo de Kioto (1997), el Acuerdo de Copenhague (2009) y la Plataforma de Durban (2011). A pesar de la importancia de estas iniciativas, los acuerdos finales no han sido estrictamente de carácter vinculante. No obstante, estas cumbres han permitido la difusión y concientización, por parte de la sociedad, de las consecuencias potenciales de una fuerte variación en la temperatura del planeta.

La realización de estas cumbres, y en especial la del Protocolo de Kioto, significó que las políticas púbicas de los países estén orientadas a establecer estrategias ambientales que conserven los ecosistemas y eviten el deterioro de la capa de ozono. De igual forma, introdujeron mecanismos de mercado internacionales hacia este objetivo. El accionar de los países frente a estos compromisos internacionales ha estado enmarcado en tratar de responder dos interrogantes claves: ¿qué medidas adoptar para que la sociedad pueda hacer frente a los futuros riesgos ambientales?, y ¿cómo reducir de forma viable las emisiones de los gases de efecto invernadero?

El Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto es a la fecha, el acuerdo internacional más importante en materia de cambio climático, el cual fue adoptado en 1997. Su principal objetivo fue reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero (GEI) que causan el calentamiento global, entre los cuales los más importantes son: el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O).

> El Protocolo de Kioto, inicialmente adoptado en diciembre de 1997 en Kioto (Japón), entró en cumplimiento obligatorio en febrero de 2005 con la ratificación de Rusia (noviembre de 2004), el cual logró que los países industrializados que representan al menos el 55% de las emisiones de CO_2 ratifiquen el Protocolo.

Mediante dicho Protocolo, los países desarrollados[1] se comprometieron a reducir las emisiones de CO_2 en 5% para 2012 en relación a las cifras de 1990. Se establecieron tres mecanismos concretos para lograr tal reducción. Se desarrolló el *International Emissions Trading* (ET), que posteriormente se constituiría en el *European Union Emission Trading Scheme* (EU-ETS)[2] , el cual definió derechos topes de emisiones de CO_2 para las empresas ubicadas en la Unión Europea. Otro instrumento fue el Mecanismo de

Desarrollo Limpio (MDL o CDM por sus siglas en inglés) que permite que los proyectos en los países en desarrollo manejen las denominadas reducciones de emisiones certificadas (CER por sus siglas en inglés), las cuales pueden ser comercializadas con empresas de países industrializados. Por último, se estableció el *Joint Implementation* (JI) que permite a un país comprometido con las reducciones de emisiones de GEI (según el Anexo B del Protocolo) a ganar unidades de reducciones de emisiones (ERU) de otro país (del mismo Anexo B) que ha ejecutado proyectos de menor contaminación.

Mecanismo de Desarrollo Limpio

Como se ha mencionado, uno de los mecanismos introducidos para llegar a los objetivos planteados por el Protocolo de Kioto fue el establecimiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

El MDL es un mecanismo de reducción de emisiones basado en proyectos. La oferta de proyectos proviene de los países no incluidos en el Anexo B del Protocolo. Al financiar estos proyectos, los países desarrollados pueden obtener una reducción certificada de emisiones, cada una equivalente a una tonelada de CO_2 (tCO_2), con lo cual cumplen sus compromisos asumidos con respecto a la reducción en su nivel de emisiones.

El término dióxido de carbono equivalente (CO_2-e) es utilizado para comparar las emisiones de los diversos GEI sobre su potencial de calentamiento global (EPA, Glosario de términos de cambio climático).

El MDL beneficia a los países en desarrollo en la medida que permite financiar proyectos de desarrollo sostenible, que de otra manera no hubieran podido materializarse. De igual forma, los países industrializados obtienen cierta flexibilidad en la forma en que cumplen sus objetivos de reducción de emisiones.

La aplicación de MDL y el posterior otorgamiento de CER están sujetos al cumplimiento de ciertas condiciones para los proyectos. Estas condiciones son: i) debe reducir algunos de los gases establecidos en el Anexo A del Protocolo (CO_2, NH_4, etc.), ii) el proyecto debe ser de participación voluntaria, iii) debe reducir emisiones adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad del proyecto, iv) debe demostrarse que el proyecto no hubiese sido rentable en ausencia de dicho mecanismo, v) debe tener beneficios reales y mesurables de largo plazo con respecto a la mitigación de GEI, vi) debe contribuir al desarrollo del país, vii) ser desarrollado en un país que haya ratificado el Protocolo de Kioto y viii) los proyectos deben estar avalados por el país en donde se ejecutarán.[3]

El principal tenedor de CER es China, cuyos proyectos de MDL realizados antes de 2013 representaron el 71% de las CER contratadas desde 2005 hasta 2011. En el caso de proyectos a realizarse posteriormente al 2012, en 2011 se comercializaron 171.4 millones de tCO_2. De este monto, China obtuvo el 41%, los proyectos en países del África el 21% y, los

de América Latina el 11% (World Bank 2012).[4]

La valorización monetaria de las emisiones mitigadas por proyectos de fuentes renovables no convencionales (RER) se realiza a través del precio de los CER en tCO_2-e. Los precios de los CER han mostrado una tendencia a la baja, la cual se ha agudizado en 2013. En enero de 2008, el precio CER por tCO_2-e era de US$ 24.3 mientras que en diciembre de 2013 el precio descendió hasta alcanzar US$ 0.49 por t CO2-e.[5]

> África se ha constituido en un potencial emisor de CER, dado la inclusión de la República Democrática del Congo, Burundi y Nigeria, entre otros. Los 46 proyectos localizados en la región Sub-Sahariana que empezaron su validación en 2011, tienen un potencial de ofrecer cerca de 30 millones de CER en los próximos años (World Bank 2012).

Gráfico 1. Precio spot del CER

Fuente: SENDECO2 – Bloomberg.
Elaboración: OEE-Osinergmin.

Esta disminución de los precios de los CER ha sido el resultado de la mayor emisión de estas certificaciones por las Naciones Unidas y la limitada demanda en los últimos años producto de la crisis europea. Al existir una contracción de la emisión de CO_2 por parte del mayor comprador del mundo (Europa), se produjo una sobreoferta de proyectos del MDL que venden CER.

Las perspectivas de los mercados de CER mejorarán en la medida que la crisis europea vaya siendo superada, posibilitando de esta forma que las industrias intensivas en energía como las de acero recuperen sus niveles de producción pre-crisis. No obstante, los precios CER no subirían drásticamente al existir compromisos cada vez más auspiciosos para reducir las emisiones de GEI en la Unión Europea.

La contribución de las RER en la generación eléctrica mundial

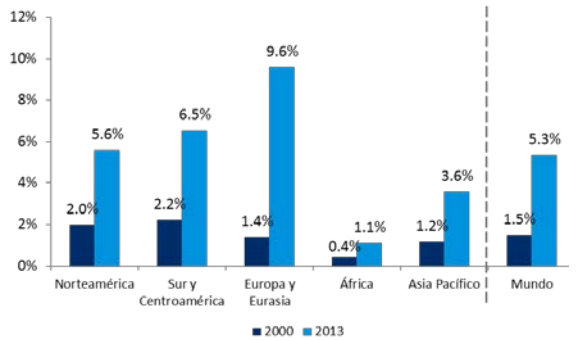
Una de las herramientas para lograr los objetivos del Protocolo de Kioto es la expansión de las RER no convencionales (biomasa, fuerza eólica, energía solar, energía geotérmica y mareomotriz) dentro la matriz energética de los países. Esta estrategia ha sido adoptada progresivamente en el mundo, aunque su intensidad ha variado de acuerdo a la ubicación geográfica de los países y a la composición inicial de su parque generador.

El informe preparado por la organización *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (REN21) estima que la energía generada por fuentes renovables (que

incluyen a las hidráulicas) en todo el mundo creció 8.3% en 2013 hasta llegar a 22% de la producción total. En lo que respecta a la participación de las RER en la generación eléctrica mundial, ésta ha pasado de ser 1.5% en el 2000 a 5.3% en 2013, lo que significó un aumento de 3.8 puntos porcentuales. La región que mayor impulso ha otorgado a la utilización de las RER es Europa y Eurasia, zonas que han logrado incrementar en 8.2 puntos porcentuales la importancia de estas fuentes en el parque generador (del 2000 al 2013). Esto es el resultado de la implementación de un marco legal y regulatorio que favorece dichas inversiones en la Unión Europea. En esta zona se ha dinamizado la generación mediante biomasa (y residuos renovables) y parques eólicos (aerogeneradores)[6]. Asimismo, la Unión Europa ha sido enfática en mejorar las herramientas de lucha contra el cambio climático, para lo cual entre los diferentes mecanismos ha establecido el mercado de CO_2 conocido como el EU-ETS, mencionado anteriormente.

En lo que respecta a otras regiones en el mundo, los países latinoamericanos han brindado mecanismos de promoción de las RER desde hace algunos años. En contraste, en África y el Medio Oriente el desarrollo de tecnologías RER dentro del parque generador aún es limitado, no representando a la fecha mejoras significativas (véase el Gráfico 2 para más detalle)

Gráfico 2. Participación de RER en la generación eléctrica según continentes (%), 2000 y 2013



Fuente: British Petroleum.
Elaboración: OEE-Osinergmin.

Las RER en América Latina

El factor de emisión de GEI de los sistemas eléctricos de los países de la región latinoamericana es menor que en otras partes del mundo, principalmente por el importante componente de recursos hidroeléctricos y bioenergía (CAF 2013).[7]

En esta región, el desarrollo en la implementación de las RER estuvo asociado a dos factores principales: (i) el aprovechamiento directo de las fuentes energéticas derivadas de diversas actividades productivas como: bagazo, cáscara de arroz, residuos de la industria forestal para calor de proceso o calderas y (ii) la energización rural a partir del aprovechamiento de energías renovables en pequeña escala como las centrales solares o pequeñas hidráulicas (CAF 2013).

Los elevados precios internacionales de los combustibles líquidos, los cuestionamientos hacia la energía nuclear, el proceso de maduración de las tecnologías en base a

renovables y la crisis económica mundial surgida a partir de 2008 han impulsado el desarrollo de las RER. No obstante, existe todavía una gran brecha entre los costos tradicionales de centrales térmicas convencionales y los proyectos RER.

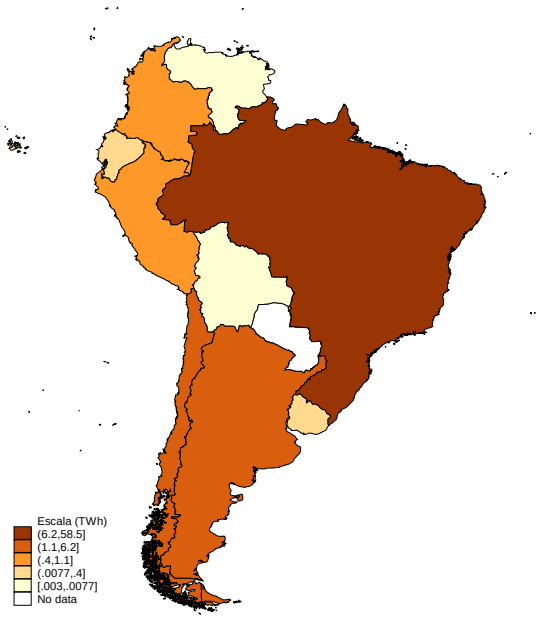
Con respecto a los países de América del Sur, el principal país impulsor de estas tecnologías es Brasil, donde se han promovido ampliamente las tecnologías de biomasa y eólicas, llegando las primeras a 11,250 MW de capacidad instalada en 474 plantas en operación al 2013 (ANEEL). A la fecha hay 202 parques eólicos en funcionamiento en el país y 378 más en fase de construcción. La producción de energía eléctrica en base a estas tecnologías alcanzó los 58.5 TWh en el 2013.

De manera más rezagada se encuentran Chile y Argentina, países que en 2013 registraron una generación RER de 6.2 y 2.9 TWh, respectivamente. En Chile, la capacidad instalada de las RER es 1,784 MW y en 2014 ingresaron 624 MW aproximadamente. [8]

Asimismo, a la fecha Uruguay cuenta con 10 parques eólicos y para mediados de 2016 están planeados un total de 25 con capacidades en el rango de 10 a 70 MW.

De la región sudamericana, Paraguay es el único país que no presenta generación eléctrica en base a RER. Esto debido a la concentración de la generación de dicho país en base a centrales hidroeléctricas, de las cuales algunas pertenecen a mega inversiones binacionales con Brasil.

Ilustración 1. Generación Eléctrica en base a RER en América del Sur (TWh), 2013



*Los datos de Bolivia, Uruguay y Venezuela son extraídos de US. EIA al año 2011 y se consideran como referenciales.
Fuente: British Petroleum.
Elaboración: OEE-Osinergmin.

Comentarios finales

Las RER han ganado espacio dentro de la matriz energética de los países en el mundo. Esto debido al potencial de estas tecnologías de mitigar un volumen importante de emisiones GEI a la atmósfera; y, a la posibilidad de brindar seguridad energética ante los altos precios de los combustibles fósiles en el mercado internacional.

Para ello, el Protocolo de Kioto ha jugado un rol importante al haber posibilitado la ejecución de proyectos de reducido impacto ambiental. Esto, gracias al aporte de los CER que han hecho financieramente viable muchos de estos proyectos.

No obstante, la persistente disminución de los precios de estos instrumentos podría constituirse en una limitación para incentivar las inversiones en proyectos RER en el futuro. Se espera que en la medida que la Unión Europea recupere su senda de crecimiento, la valorización de los CER irá incrementándose, permitiendo la ejecución de proyectos altamente beneficiosos en la mitigación de GEI.

Finalmente, en la región sudamericana, Brasil debe tomarse como ejemplo, al haber liderado por amplio margen la promoción de inversiones en el desarrollo de fuentes RER, especialmente en base a la biomasa. El resto de países sudamericanos muestran un creciente desarrollo en este aspecto (Chile, Colombia, Uruguay y Perú), por lo cual en los próximos años la importancia de estas fuentes dentro de la matriz energética seguirá incrementándose.

El uso de las fuentes RER y su beneficio ambiental en el Perú

Introducción

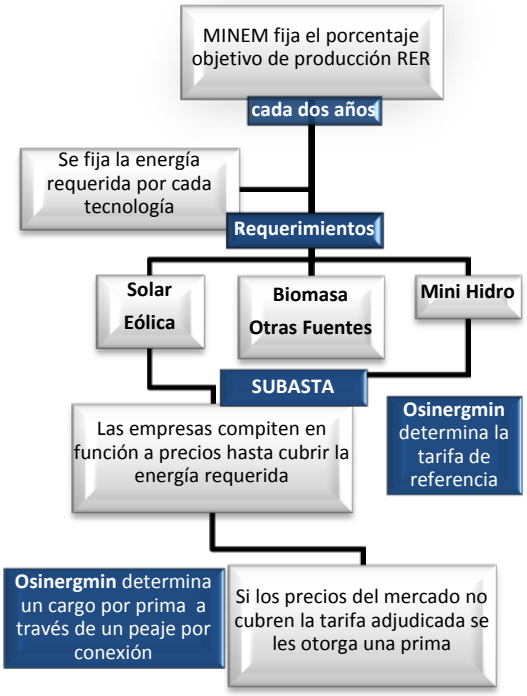
En el Perú, la generación eléctrica se ha encontrado históricamente concentrada en fuentes hídricas convencionales.[1] A pesar que este tipo de centrales genera un volumen de emisiones de CO_2 ínfimamente pequeño durante el proceso de operación, durante las fases de construcción pueden generar algunos efectos adversos sobre el medio ambiente.[2] Por ello, el impulso de la explotación de las fuentes RER en la generación eléctrica ocasiona un impacto ambiental positivo al mitigar las emisiones de GEI en la atmósfera. Asimismo, existe el objetivo en nuestro país de tener hacia el año 2040 una matriz energética diversificada, competitiva, con énfasis en las fuentes RER (al menos del 20%) y que fomente la eficiencia energética.

Ante este contexto, el Estado Peruano ha estado brindado un impulso importante a las fuentes RER como la biomasa y biogás, las fuentes solares, eólicas y mini-hidráulicas.[3] En el año 2008, a través del Decreto Legislativo N° 1002, Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables, se estableció la promoción de este tipo de fuentes de energía para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente.

El marco normativo para la promoción de dichas fuentes ha establecido un mecanismo de mercado basado en subastas para su adjudicación.

De acuerdo a la norma, las subastas son convocadas con una periodicidad no menor a dos años una vez que el MINEM haya fijado el porcentaje objetivo de producción en base a RER. Se subasta la energía requerida en MWh/año que es repartida entre las tecnologías de biomasa, solar, eólica, mareomotriz más un adicional de pequeñas centrales hidráulicas (menores a 20 MW). Las empresas compiten en función a las ofertas presentadas (precio y cantidad) hasta cubrir la energía requerida según la tecnología RER. La oferta es retenida solo si el precio es menor a la tarifa base o de referencia establecida por Osinergmin.

Ilustración 2. Esquema del mecanismo RER

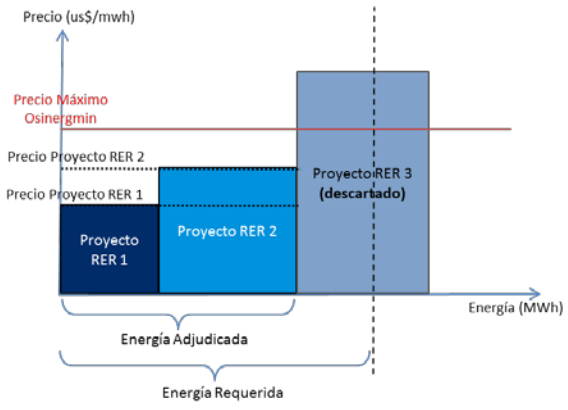


Fuente: MINEM.
Elaboración: OEE-Osinergmin.

Para llevar a cabo la adjudicación de la energía en la subasta RER se lleva al cabo el siguiente proceso: primero se abren los sobres de oferta y se ordenan los proyectos según los precios de menor a mayor. Los proyectos que presentaron un precio mayor al establecido por Osinergmin son descartados. Luego si el MWh que ha ofertado el proyecto es menor a la energía requerida, se adjudica la totalidad ofertada del proyecto; en caso contrario se evalúa la adjudicación parcial. Finalmente, se revela el precio máximo de la subasta siempre y cuando la Energía Requerida no fue totalmente cubierta y si hubo ofertas que excedieron el precio tope. En muchos casos, puede generarse energía remanente que es la energía requerida no adjudicada.

Las subastas son un mecanismo de competencia por el mercado que permite conocer la máxima disposición a pagar del participante por el bien subastado logrando tener un mercado competitivo. Las subastas pueden ser de diferentes tipos, en el caso de las RER, se utiliza la subasta a sobre cerrado con precios tope.

Gráfico 3. Adjudicación de Energía RER en Subastas



Fuente: Basado en Mendoza (2014).
Elaboración: OEE-Osinergmin.

En lo que respecta a los mecanismos de pago de los proyectos RER adjudicados, el precio de la energía de los proyectos RER es aquel establecido en la subasta, siendo una forma de precio garantizado. Si el precio de mercado cae durante la operación de la empresa y no se cubre la tarifa adjudicada, se otorga una prima que compense esta diferencia. Dicha compensación es financiada por todos los usuarios de electricidad a través del cargo en el peaje de conexión (transmisión).

Subastas RER en el Perú

Desde la promulgación del Decreto Legislativo N° 1002 en el 2008 hasta la fecha, se han llevado a cabo tres subastas RER. En el año en curso además se realizó la Primera Subasta RER para Suministro de Energía a Áreas No Conectadas a Red (instalaciones RER Autónomas).

A continuación se detallan los resultados de las subastas RER para la generación conectada a la red, mostrando los principales resultados con respecto a la adjudicación de energía.

Primera Subasta

La primera subasta RER se realizó en el 2009. En este proceso se adjudicaron 1,972 GWh/año (aproximadamente 429 MW). De este monto, los proyectos mini-hidráulicos

representaron 1,084 GWh, los proyectos solares 172 GWh, los proyectos eólicos 571 GWh y las centrales de biomasa 143 GWh.

De los proyectos adjudicados en esta primera subasta, casi la totalidad entró en operación al 2013, con excepción de los proyectos eólicos que entraron en el 2014 y de algunos proyectos hidráulicos de menor escala que entrarían en lo que resta del 2014 y el 2015.

Segunda Subasta

La segunda subasta RER tuvo lugar en el 2011 y se logró adjudicar 1,153 GWh/año (210 MW), los cuales entrarían en operación entre el 2014 y 2015. Con esta segunda subasta, el SEIN contará con 210 MW adicionales de capacidad instalada de generación RER.

Los proyectos involucrados en construcción son La Gringa V (de biogás), Tres Hermanas (eólica), Moquegua (solar) y 7 pequeñas centrales hidráulicas.

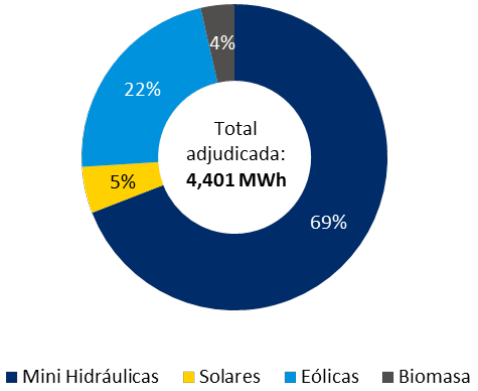
Tercera Subasta

A diferencia de las subastas precedentes, en ésta solamente se requirió energía generada a través de biomasa y agua. En la última subasta realizada en el año 2013, se adjudicaron 1,277 GWh/año, los cuales correspondieron exclusivamente a proyectos de centrales hidráulicas menores a 20 MW cuya fecha prevista de inicio de operación es el 2016.

En noviembre del 2014, se adjudicó por un plazo de 15 años la prestación del servicio de electricidad con recursos energéticos solares fuera de red (*off grid*) a la empresa ERGON Perú SAC en tres áreas geográficas de servicio: zonas norte, centro y sur. La obligación del concesionario es conectar como mínimo a 150,000 usuarios en zonas rurales.

En resumen, durante los tres procesos de subastas RER se adjudicaron 4,401 MWh. De este monto, las pequeñas centrales hidráulicas fueron las que mayor participación han tenido al concentrar el 69% (3,041 MWh), seguidas de las centrales eólicas que representaron 22% (987 MWh).

Gráfico 4. Total de energía RER adjudicada en las tres subastas, según tecnología (MWh)



Fuente: Osinergmin.
Elaboración: OEE-Osinergmin.

Participación en la generación eléctrica

Inicialmente, la producción de las centrales RER estaba constituida totalmente por centrales mini-hidráulicas debido a que en los años 2008 y 2009 solo estaban en operación las pequeñas centrales hidráulicas de Caña Brava y Carhuaquero IV y a partir de 2009 la central La Joya. A partir del 2010, entró en funcionamiento la central térmica

Paramonga, la cual genera electricidad a partir de biomasa (bagazo). En ese mismo año entraron en operación las pequeñas hidroeléctricas Roncador, Santa Cruz I y Santa Cruz II. Posteriormente en el 2011, entró en operación la central Huaycoloro, la primera en producir energía a través del biogás y en el 2012 entró Maple Etanol, la segunda central térmica basada en el bagazo. En los últimos años, se ha logrado la entrada en operación de los proyectos solares de Majes Solar, Panamericana Solar, Repartición Solar y Tacna Solar. Recientemente, en el 2014 ha comenzado la operación de los parques eólicos de Marcona, Talara y Cupisnique ubicados en los departamentos de Ica, Tumbes y La Libertad, respectivamente.

Es preciso mencionar que la central de biomasa Maple Etanol y la pequeña central hidráulica Pías se encuentran operando en el SEIN con fuentes RER, pero no fueron adjudicadas por el mecanismo de subasta RER, sino a través de contratos directos. Con ello, los proyectos RER que figuran actualmente en operación son 21, de las cuales 19 provienen de la primera subasta (el Cuadro 1 muestra los detalles).

Cuadro 1. Proyectos RER y año de ingreso en operación comercial*

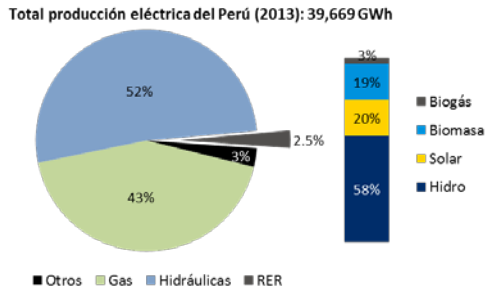
Tecnología	Proyecto	Inicio de operación comercial
Biogás	Huaycoloro	2011
Biomasa	Paramonga	2010
	Mapletanol	2012
Eólica	Marcona	2014
	Cupisnique	2014
	Talara	2014
Hidráulica	Caña Brava	2008
	Carhuaquero IV	2009
	La Joya	2009
	Roncador	2010
	Santa Cruz I	2010
	Santa Cruz II	2010
	Pias	2011
	Poechos 2	2011
	Purmacana	2011
	Huasahuasi I	2012
	Huasahuasi II	2012
	Nuevo Imperial	2012
	Las Pizarras	2013
	Yanapampa	2013
Solar	Majes Solar	2012
	Panamericana Solar	2012
	Repartición Solar	2012
	Tacna Solar	2012

*De acuerdo a la producción eléctrica reportada en el COES.
Fuente: COES.
Elaboración: OEE-Osinergmin.

La participación de las fuentes RER en la generación eléctrica del país ha ido en aumento, aunque de manera moderada. En el año 2008, las fuentes RER constituían menos del 0.01% del total de la energía eléctrica producida, mientras que en el 2013 su contribución se elevó a 2.5%. En el último año, la producción en base a las RER estuvo concentrada por centrales hidráulicas con el 58% de participación y solares con el 20%. Le

siguen la biomasa (19%) y el biogás (3%). Como se mencionó, en el año 2014 se inició las operaciones de tres parques eólicos licitados en la primera subasta RER, con lo que se espera que la participación de las RER dentro de la generación eléctrica se incremente.

Gráfico 5. Total producción eléctrica según tecnologías y fuentes RER, 2013



Fuente: COES.
Elaboración: OEE-Osinergmin.

Impacto de las RER en la mitigación del CO_2

Los proyectos de generación eléctrica solar, las centrales hidroeléctricas con capacidad instalada menor a 20 MW y las centrales térmicas a base de biomasa y biogás constituyen las tecnologías RER en operación comercial en el Perú. El empleo de estas fuentes es una herramienta para mitigar la contaminación ambiental producto de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Todos los proyectos mencionados anteriormente logran una mitigación de emisiones de CO_2 debido a que no realizan ningún proceso de combustión de productos fósiles en la generación eléctrica. Hay que recordar que este sector representa cerca del 42% de la emisión total de CO_2 a nivel mundial, siendo el 28.2% en nuestro país.[4] Asimismo, los proyectos basados en el biogás tienen un impacto adicional debido a que mitigan las potenciales emisiones de metano (CH_4) provenientes de los restos orgánicos cuando éstos no son tratados. El metano tiene un efecto invernadero 18 veces mayor al dióxido de carbono; de allí la importancia de mitigar las emisiones de este tipo de gas.

> Con la operación de la central de biogás La Gringa V (diciembre del 2014) se podrá seguir mitigando las potenciales emisiones de metano por descomposición de los desechos orgánicos.

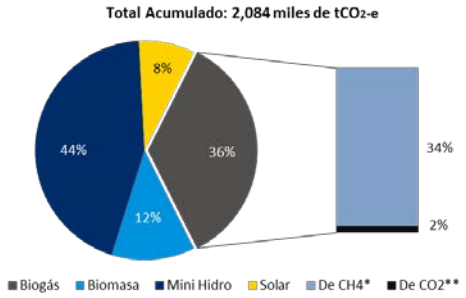
En este sentido, la promoción de la generación RER tiene dos principales consecuencias: (i) la reducción del CO_2 proveniente de la nueva composición del sistema eléctrico y (ii) la reducción de otros gases de GEI como el metano a través de los proyectos de biogás. El primer impacto se mide al calcular el volumen mitigado de CO_2 al generar un MWh con una tecnología RER en lugar de utilizar otras tecnologías disponibles en el sistema. El segundo impacto se calcula como la emisión de CH_4 mitigada por la generación de un MWh a partir de la tecnología RER, al utilizar los desechos orgánicos.

Para la cuantificación de las mitigaciones de CO_2 se ha utilizado el factor de emisión del margen combinado de la red eléctrica existente,[5] los cuales figuran en cada uno de los proyectos de las tecnologías RER elaborados dentro del MDL y la energía producida (en MWh) por cada proyecto en el periodo de estudio, esta última se obtiene del COES. En el caso de las emisiones mitigadas de CH_4, se ha

considerado el valor estimado que se incluye en el estudio MDL del proyecto Huaycoloro[6], el cual aparece conjuntamente al de las emisiones de CO_2.[7]

La generación eléctrica a través de las RER habría mitigado la emisión de 2,084 mil toneladas de CO_2 equivalentes (tCO_2-e) desde el inicio de operaciones de la primera central RER hasta el año 2013. A pesar que la generación a través de centrales mini hidráulicas representa un mayor porcentaje dentro de la producción eléctrica por RER, los proyectos de biogás son los que más contribuyen en la mitigación de los GEI con cerca del 36% del total de emisiones evadidas de CO_2-e. Esto se debe a que dichos proyectos poseen dos impactos relevantes en la lucha contra el cambio climático: por un lado, mitigan la emisión del CO_2 en la generación eléctrica y, por otro, ayuda a eliminar las emisiones de CH_4 de los desechos orgánicos, siendo éste último su principal aporte (34% del total de emisiones mitigadas de CO_2-e).

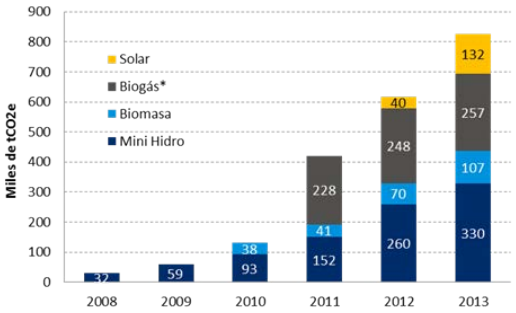
Gráfico 6. Participación en la mitigación acumulada de las emisiones de CO_2-e según tecnología RER, %



*Emisiones mitigadas de CH_4 equivalentes en CO_2 del proyecto Huaycoloro desde su operación
** Emisiones mitigadas de CO_2 del proyecto Huaycoloro desde su operación. Fuente: Osinergmin

El impacto de los proyectos RER en la mitigación del CO_2 y de otros GEI tomará mayor relevancia en la medida que estas fuentes energéticas concentren un mayor porcentaje dentro de la matriz energética nacional. Las emisiones mitigadas de CO_2-e se habrían incrementado considerablemente a través del tiempo. Esto se debería al incremento de la participación de las fuentes RER en la generación eléctrica y de la diversificación de las fuentes RER, principalmente a través del biogás que contribuye en mayor medida a contrarrestar los GEI. La importancia de los proyectos de biogás es tal que con solo haber representado entre el 1% y 3% de la producción eléctrica en base a RER, logró mitigar una cantidad similar de GEI a las realizadas por los mini proyectos hidroeléctricos.[8] Los proyectos hidráulicos de pequeña escala alcanzaron a mitigar 32 mil tCO_2-e en el primer año de operación de las fuentes RER, monto que llegó hasta 330 mil tCO_2-e en el 2013, cuando ya operaban las 18 centrales hidráulicas que ingresaron con la primera subasta RER.

Gráfico 7. Mitigación de emisiones de CO_2-e según tecnología RER, 2008-2013



*Considera las emisiones mitigadas de metano (CH_4) en términos equivalentes de CO_2
Fuente y elaboración: OEE-Osinergmin.

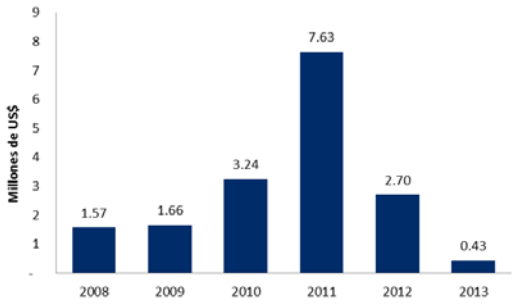
Valorización de las mitigaciones del CO_2

En el caso de los proyectos de generación basada en las RER en el Perú, éstos están involucrados dentro del MDL.[9] Es decir, cuentan con todos los requisitos para aplicar al MDL: son proyectos que tendrán un significativo impacto ambiental y requieren del financiamiento para convertirlos en rentables. Con ello, los proyectos acceden a los CER y pueden tranzarlos en los mercados de carbono y obtener así ingresos que les permita cubrir sus costos y se vuelvan privadamente atractivos.

De esta manera, los proyectos RER que hasta la fecha han producido electricidad en el SEIN han podido acceder a CER que son certificaciones por cada tCO_2-e que ellos mitigan, las cuales pueden ser comercializadas con empresas de países desarrollados.

Si se valorizan las mitigaciones de las emisiones de CO_2-e, éstas habrían alcanzado un equivalente financiero de US$ 17.2 millones expresados en términos de 2013. [10] Sin embargo, si bien las mitigaciones de los GEI han ido en aumento, los precios de los CER han presentado un comportamiento totalmente diferente en los últimos dos años y no han permitido que los valores financieros presenten la misma tendencia que los volúmenes de tCO_2-e mitigados. Véase el Gráfico 8.

Gráfico 8. Valorización por de las emisiones mitigadas de CO2-e por el uso de fuentes renovables en millones de US$, 2008-2013



*Expresados en valores monetarios del 2013 con una TSD DE 14.09%
Fuente y elaboración: OEE-Osinergmin.

Es decir, teniendo en cuenta lo que se ha dejado de emitir de CO_2-e en el Perú por la utilización de las RER en el parque generador de electricidad, y considerando que las empresas habrían vendido estas tCO2-e en cada año a los precios CER, los proyectos habrían obtenido ingresos financieros por US$ 17.2 millones expresados en términos del 2013, durante el periodo 2008-2013. De este monto, los proyectos mini-hidráulicos habrían conseguido US$ 9.6 millones (56%), el proyecto Huaycoloro cerca de US$ 5.3 millones (31%), los de biomasa alrededor de US$ 2.0 millones (12%) y los proyectos solares fotovoltaicos US$ 242 mil (1%).

Comentarios finales

En el marco de la política energética del país hacia el 2040, donde se plantea como objetivo la diversificación de la matriz energética a través del uso de fuentes RER, el Perú está dando pasos importantes para su realización. Gracias a la introducción de las

subastas RER y a la promoción de éstas, a la fecha la producción eléctrica proveniente de las RER representa el 2.5% del total de electricidad producida. El inicio de operaciones de los parques eólicos hace augurar una mayor participación de las RER en el parque generador en el futuro cercano.

Adicionalmente a las ventajas de contar con un sistema eléctrico seguro, su contribución al cuidado del medio ambiente es importante. Esto no solo significa un beneficio para la población del Perú, sino también una externalidad positiva para el resto de habitantes del planeta.

En efecto, gracias a las herramientas implementadas por el Protocolo de Kioto como lo es el MDL, los proyectos de fuentes renovables han tomado protagonismo. En el Perú, 20 de los 21 proyectos RER que a la fecha operan en el SEIN cuentan con este mecanismo, lo cual les permitió convertirse en proyectos rentables financieramente. Esto ha dado como resultado que desde el 2008 hasta el 2013, la generación por fuentes RER ha implicado una mitigación de 2.1 millón de tCO_2-e. Los volúmenes de emisiones mitigadas de CO_2 y CH_4 (ambas en términos equivalentes de CO_2) han pasado de 32 mil tCO_2-e en el 2008 a 826 mil tCO_2-e en el 2013 representando un valor de mercado acumulado de US$ 17.2 millones en el periodo 2008-2013. En efecto, la mitigación de los GEI por el uso de las fuentes RER responde proporcionalmente a su contribución en la producción eléctrica: entre más se produzca con las fuentes RER, mayor será el beneficio hacia el medio ambiente.

Si bien todos los proyectos RER contribuyen a la mitigación de GEI, los proyectos de biogás son los que tendrían mayor impacto para mitigar los GEI debido a que la generación basada en desechos orgánicos de la basura evita las emisiones de CO_2 y al mismo tiempo reduce las emisiones de CH_4.

Notas

La Lucha contra el Cambio Climático y las Fuentes Renovables No Convencionales (RER)

[1] La lista de 37 países desarrollados involucrados se encuentran en el Anexo B del Protocolo. Véase http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf

[2] El *European Union Emissions Trading Scheme* (EU ETS) es un sistema que cubre las emisiones de CO2 de aquellas industrias intensivas en energía pertenecientes a la combustión de fósiles para generación eléctrica y de sectores industriales de alto consumo energético, incluyendo las refinerías de petróleo, fábricas de acero y la producción de hierro, aluminio, metales, cemento, cal, vidrio, cerámica, pulpa, papel, cartón, ácidos y productos químicos orgánicos en bruto. Véase para mayor detalle http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/emissions-trading-viewer

[3] La institución encargada para la evaluación de los proyectos de MDL se denomina Autoridad Nacional Designada. En el Perú, esta función recae en el Ministerio del Ambiente (MINAM).

[4] Ver con mayor detalle World Bank (2012) "State and Trends of the carbon market".

[5] Precios obtenidos de la base de datos de SENDECO2. Véase http://www.sendeco2.com/

[6] Para ver con más detalle la importancia de las energías renovables en la Unión Europea, véase http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Renewable_energy_statistics

[7] Para mayor detalle véase CAF (2013) "Energía: una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe". Informe energético sectorial. Corporación Andina de Fomento

[8] En Chile el término RER es utilizado como Energía Renovable No Convencional (ERNC).

El uso de las fuentes RER y su beneficio ambiental en el Perú

[1] En el año 2000 esta fuente representaba el 87% del total de energía producida en el Perú, mientras que en el año 2013 su participación fue de 54%.

[2] De acuerdo al MINAM, el factor de emisión de CO_2 de las centrales hidroeléctricas oscila entre 3.6 y 11.6 g de CO_2 por KWh producido. Por su parte, en la etapa de construcción se puede generar la deforestación de un bosque o área, la modificación de la fauna acuática, el potencial deterioro de los ecosistemas involucrados y la emisión de GEI (carbono y nitrógeno) en el embalsamiento de las represas.

[3] Se considera generación eléctrica hidráulica a partir de RER cuando ésta tiene en una escala menor a los 20 MW. Se le conoce también como generación "mini-hidráulica". El término biomasa se refiere a la generación eléctrica a partir de restos agroindustriales, mientras que a la generación basada en restos urbanos (desechos orgánicos) se le denomina biogás.

[4] Según el Inventario de GEI actualizado para el año 2009. Proyecto Planificación ante el Cambio Climático (Plan CC) -Perú. 2013

[5] El cálculo del factor de emisión del margen combinado se calcula con una multiplicación ponderada de dos elementos: el factor de emisión de margen de operación y el factor de emisión de margen de construcción. El primero se calcula en base la generación de emisiones promedios ponderadas en horas de operación del 10% más alto del despacho de electricidad en la curva de duración. El segundo factor se calcula en base a las plantas de energía de más reciente construcción que representan el 20% de toda la generación eléctrica o de las 5 centrales generadores más recientes de construcción que operan en el sistema, y se escoge el que arroje un mayor monto de generación. Para mayor detalle véase "*Tool to calculate the emission factor for an electricity system*" en https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v2.pdf/history_view

[6] El Proyecto Huaycoloro es el único proyecto de biogás que se ha encontrado en operación entre el 2008-2013. Para ver con mayor detalle el proyecto Huaycoloro, véase https://cdm.unfccc.int/filestorage/D/P/9/DP9S6R5O48F710XKYW2JQ3UVMEZIBA/0708%20PDD%20ReneWCP.pdf?t=OE98bmNpcDVzfDDS2nuE6SgD1ePTuiiMCYlS

[7] El procedimiento del MDL establece que la generación eléctrica a partir de RER no produce ningún tipo de GEI. De tal forma, la producción generada por dichas fuentes es comparada con el factor de emisión del sistema eléctrico vigente a la fecha para calcular el valor de la tCO2-e que se mitiga.

[8] No obstante, es recomendable que las comparaciones entre las tecnologías RER consideren otros factores como costos de instalación, potencial de los recursos renovables no convencionales como eólico, solar, geotérmico, etc.

[9] El único proyecto RER del cual no se ha encontrado registro de MDL es la pequeña central hidráulica Roncador.

[10] La Tasa Social de Descuento (TSD) es una herramienta para medir el costo de oportunidad del dinero que se invierten en los proyectos de inversión pública (PIP) en el Perú. La TSD es el retorno de invertir un Nuevo Sol (S/.) en PIP. Para la actualización a valores del año 2013, se utilizó la TSD de 9% establecida por el MEF para los proyectos de inversión pública, pero se ajustó por la inflación y devaluación resultando en una TSD ajustada de 14.09%.

Abreviaturas utilizadas

CAF	Corporación Andina de Fomento
CER	Reducciones de Emisiones Certificadas
CH_4	Metano
CO_2	Dióxido de carbono
CO_2-e	Dióxido de carbono equivalente
COES	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional
EU ETS	European Union Emissions Trading Scheme
GEI	Gases de Efecto Invernadero
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MWh	Mega-watt hora
RER	Recursos Energéticos Renovables
SEIN	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional
tCO2-e	Tonelada de dióxido de carbono equivalente
US$	Dólares norteamericanos
US EIA	United States Energy Information Administration

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin
Oficina de Estudios Económicos – OEE
Reporte de Análisis Económico Sectorial – Electricidad, Año 3 – N° 4 – Noviembre 2014
El Uso de los RER No Convencionales y la Mitigación del Cambio Climático en el Perú

Alta Dirección

Jesús Tamayo Pacheco	Presidente del Consejo Directivo
Julio Salvador Jácome	Gerente General

Equipo de Trabajo de la OEE que preparó el Reporte

Arturo Vásquez Cordano	Gerente de Estudios Económicos
Carlo Vilches Cevallos	Economista
Carlos Miranda Velásquez	Analista Económico
Carlos Renato Salazar Ríos	Analista Económico
José Aurazo Iglesias	Pasante
Daphne Esquivel Barreno	Practicante Profesional

El contenido de esta publicación podrá ser reproducido total o parcialmente con autorización de la Oficina de Estudios Económicos de Osinergmin. Se solicita indicar en lugar visible la autoría y la fuente de la información. Todo el material presentado en este reporte es propiedad de Osinergmin, a menos que se indique lo contrario.

Citar el reporte como: Vásquez, A.; Vilches, C.; Miranda, C.; Salazar, C; Aurazo, J. y Esquivel, D. (2014). *Reporte de Análisis Económico Sectorial – Sector Electricidad*, Año 3 - Número 4. Oficina de Estudios Económicos, Osinergmin - Perú.

Osinergmin no se identifica, necesariamente, ni se hace responsable de las opiniones vertidas en el presente documento. Las ideas expuestas en los artículos del reporte pertenecen a sus autores. La información contenida en el presente reporte se considera proveniente de fuentes confiables, pero Osinergmin no garantiza su completitud ni su exactitud. Las opiniones y estimados representan el juicio de los autores dada la información disponible y están sujetos a modificación sin previo aviso. La evolución pasada no es necesariamente indicador de resultados futuros. Este reporte no se debe utilizar para tomar decisiones de inversión en activos financieros.

Copyright © Osinergmin – OEE 2014