



Una revisión del suministro de energía renovable y las tecnologías de eficiencia energética

A review of renewable energy supply and energy efficiency technologies

Uma revisão do fornecimento de energia renovável e tecnologias de eficiência energética

Elmer Leandro Valencia-Bautista ^I
elmer.valencia@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5573-8510>

Ronny Joel Angulo-Guerrero ^{II}
ronny.angulo@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3070-1823>

Josías Miguel Farfán-Bone ^{III}
josias.farfan@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4309-5084>

Carlos Joa Verá-Lozano ^{IV}
carlos-joa.vera@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1019-8183>

Isaí Alejandro Arboleda-Cheres ^V
isai.arboleda@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0578-613X>

Tyron Joel Orobio-Arboleda ^{VI}
tyron.orobio@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5460-7180>

Correspondencia: elmer.valencia@utelvt.edu.ec

Ciencias de la Educación
Artículo de Revisión

***Recibido:** 25 de febrero de 2022 ***Aceptado:** 10 de marzo 2022 ***Publicado:** 26 abril de 2022

- I. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- II. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- III. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- V. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- VI. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.

Resumen

El consumo de electricidad comprenderá una parte cada vez mayor de la demanda mundial de energía durante las próximas dos décadas. En los últimos años, el aumento de los precios de los combustibles fósiles y las preocupaciones sobre las consecuencias ambientales de las emisiones de gases de efecto invernadero han renovado el interés en el desarrollo de recursos energéticos alternativos. En particular, el accidente de Fukushima Daiichi fue un punto de inflexión en la demanda de fuentes de energía alternativas. La energía renovable ahora se considera una fuente de combustible más deseable que la energía nuclear debido a la ausencia de riesgos y desastres. Teniendo en cuenta que el principal componente de los gases de efecto invernadero es el dióxido de carbono, existe una preocupación mundial por la reducción de las emisiones de carbono. En este sentido, podrían aplicarse diferentes políticas para reducir las emisiones de carbono, como mejorar el despliegue de energía renovable y fomentar las innovaciones tecnológicas. Se pueden implementar dos soluciones principales para reducir las emisiones de CO₂ y superar el problema del cambio climático: reemplazar los combustibles fósiles con fuentes de energía renovables tanto como sea posible y mejorar la eficiencia energética. En este documento, discutimos tecnologías alternativas para mejorar el despliegue de energía renovable y la eficiencia del uso de energía.

Palabras clave: recursos energéticos; energía renovable, eficiencia en el uso de la energía; tecnología de generación; emisión de carbono; empleo verde.

Abstract

Electricity consumption will comprise an increasing share of global energy demand over the next two decades. In recent years, rising fossil fuel prices and concerns about the environmental consequences of greenhouse gas emissions have renewed interest in the development of alternative energy resources. In particular, the Fukushima Daiichi accident was a turning point in the demand for alternative energy sources. Renewable energy is now considered a more desirable fuel source than nuclear power due to the absence of risks and disasters. Taking into account that the main component of greenhouse gases is carbon dioxide, there is a global concern about reducing carbon emissions. In this sense, different policies could be applied to reduce carbon emissions, such as improving the deployment of renewable energy and promoting technological innovations. Two main solutions can be implemented to reduce CO₂ emissions and overcome the problem of climate change: replace fossil fuels with renewable energy sources as much as possible and improve energy

efficiency. In this paper, we discuss alternative technologies to improve renewable energy deployment and energy use efficiency.

Keywords: energy resources; renewable energy, efficiency in the use of energy; generation technology; carbon emission; green employment.

Resumo

O consumo de eletricidade representará uma parcela crescente da demanda global de energia nas próximas duas décadas. Nos últimos anos, o aumento dos preços dos combustíveis fósseis e as preocupações com as consequências ambientais das emissões de gases de efeito estufa renovaram o interesse no desenvolvimento de recursos energéticos alternativos. Em particular, o acidente de Fukushima Daiichi foi um ponto de virada na demanda por fontes alternativas de energia. A energia renovável é agora considerada uma fonte de combustível mais desejável do que a energia nuclear devido à ausência de riscos e desastres. Levando em consideração que o principal componente dos gases de efeito estufa é o dióxido de carbono, existe uma preocupação global em reduzir as emissões de carbono. Nesse sentido, diferentes políticas podem ser aplicadas para reduzir as emissões de carbono, como melhorar a implantação de energias renováveis e promover inovações tecnológicas. Duas soluções principais podem ser implementadas para reduzir as emissões de CO₂ e superar o problema das mudanças climáticas: substituir ao máximo os combustíveis fósseis por fontes de energia renováveis e melhorar a eficiência energética. Neste artigo, discutimos tecnologias alternativas para melhorar a implantação de energia renovável e a eficiência do uso de energia.

Palavras-chave: recursos energéticos; energia, eficiência no uso de energia renovável; tecnologia de geração; Emissão de carbono; emprego verde.

Introducción

Teniendo en cuenta que el principal componente de los gases de efecto invernadero (GEI) es el dióxido de carbono, existe una preocupación mundial por la reducción de las emisiones de carbono. En este sentido, se podrían aplicar diferentes políticas para reducir las emisiones de carbono, como mejorar el despliegue de energía renovable y fomentar las innovaciones tecnológicas. Además, los gobiernos emplean mecanismos de apoyo, como las tarifas de

alimentación, los estándares de cartera renovable y las políticas fiscales, para desarrollar la generación de energía renovable junto con la implementación de la eficiencia del uso de energía eléctrica para ahorrar energía.

Muchos países han comenzado a instalar instalaciones que utilizan fuentes de energía renovables para la generación de energía. La importancia de las fuentes de energía alternativas se une a los desafíos del cambio climático asociados con el uso excesivo de combustibles fósiles. Hay tres motivadores principales que estimulan el crecimiento de las tecnologías de energía renovable: la seguridad energética, los impactos económicos y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono. El término "energía alternativa" se refiere a cualquier forma de energía distinta de las fuentes convencionales de energía, incluida la energía hidroeléctrica. En los últimos años, la atención se ha centrado en las fuentes de energía renovables.

IEA (2012d) se refiere a dos tendencias globales significativas que deberían caracterizar el despliegue de tecnologías renovables a mediano plazo. En primer lugar, a medida que las tecnologías de electricidad renovable se amplían, de un suministro global total de 1.454 gigavatios (GW) en 2011 a 2.167 GW en 2017, también deberían extenderse geográficamente. En segundo lugar, los años más recientes de alto uso de combustibles fósiles han llevado a las tecnologías renovables a ser cada vez más competitivas en función de los costos con sus alternativas en varios países y circunstancias. Según los cálculos de la AIE, la energía eólica es el tipo más competitivo de tecnología de energía renovable entre las otras opciones, si las condiciones locales como la financiación, los niveles de emisión de CO₂ y los precios de los combustibles fósiles resultan favorables (OCDE, 2010).

Cuando se habla de tecnologías limpias, hay dos conceptos principales de tecnologías energéticas: tecnologías de suministro de energía, que se refieren a fuentes alternativas de energía renovable (por ejemplo, energía eólica y solar), y tecnologías de eficiencia energética, o aquellas tecnologías que se contratan para mejorar la eficiencia del uso de la energía, (por ejemplo, calor y energía combinados (CHP), plantas de energía virtuales (VPP) y contadores inteligentes). Cabe señalar que la transformación del sector energético y la sustitución de la energía convencional por energías renovables están evolutivamente asociada al cambio tecnológico y a la formación de mercados. Jacobsson y Bergek (2004) indican que el proceso de transformación de ciertas formas de energía renovable, como la eólica y la solar, ocurrirá después de 2020, incluso si la tasa de crecimiento del consumo está aumentando fuertemente durante la próxima década.

Además, los mercados de energía renovable no se forman fácilmente debido a las desventajas de costos y la subvención de los combustibles fósiles.

El resto de este estudio procede de la siguiente manera. En la Sección 2 presentamos las diferentes tecnologías de suministro de energía renovable, incluidas la energía solar, eólica e hidroeléctrica, geotérmica y otras fuentes. En Section 3 se discuten diferentes tecnologías de eficiencia de uso de energía. Estos incluyen vehículos eléctricos, calor y energía combinados, plantas de energía virtuales y la aplicación de medidores inteligentes. La sección final proporciona un resumen y concluye.

Tecnologías de suministro de energía renovable

El suministro de energía renovable aumenta continuamente. Durante los últimos años se ha realizado una gran cantidad de inversiones y el avance de la tecnología ha permitido a los países producir energía renovable de manera más rentable. Se pronostica que el número de países que producen más de 100 megavatios (MW) de energía renovable aumentará significativamente para 2017 (IEA, 2012d). Debido a algunas externalidades negativas e irreversibles que vienen con la producción de energía convencional, es necesario promover y desarrollar tecnologías de suministro de energía renovable. Estas tecnologías pueden no ser comparables con los combustibles convencionales en términos de costo de producción, pero podrían ser comparables si consideramos sus externalidades asociadas, como sus efectos ambientales y sociales. Además, cabe señalar que las economías de escala podrían desempeñar un papel clave en la reducción del costo unitario de producción. Los costes de transmisión y distribución, así como las tecnologías, no difieren mucho entre las energías convencionales y renovables. A continuación, presentamos datos sobre el desarrollo de las principales tecnologías de suministro de energía renovable.

Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es actualmente la mayor fuente de energía renovable para la generación de energía en todo el mundo. La generación de electricidad hidroeléctrica ha tenido un fuerte aumento en los últimos 50 años. Era de 340 teravatios-hora (TWh) en 1950 y cubría alrededor de un tercio de la demanda mundial de electricidad. Aumentó a 1.500 TWh en 1975 y a 2.994 en 2005. Podemos comparar esto con el consumo global de 15.000 TWh de electricidad con una producción global de 18.306 TWh en 2005 (Ngô y Natowitz, 2009). Actualmente, el desarrollo de la energía hidroeléctrica es difícil debido a un gran costo de inversión fija inicial y

preocupaciones ambientales. Además, la energía hydro ha causado problemas a los residentes locales asociados con la necesidad de reubicar grandes poblaciones, así como la construcción de presas es permanente con un costo hundido de los servicios públicos que no se pueden eliminar. El medio ambiente también está influenciado por la construcción de hidrocascas debido a las grandes obras de ingeniería. Por otro lado, la energía hidroeléctrica es atractiva debido a un suministro preexistente de agua para la agricultura, el uso doméstico e industrial, y la energía hidroeléctrica es limpia y permite el almacenamiento de agua y energía. Además, la energía almacenada se puede utilizar para la aplicación de la carga base y la generación de energía en hora punta.

La central hidroeléctrica de mayor capacidad del mundo es la represa de Itaipú instalada en el río Paraná y desarrollada conjuntamente por Brasil y Paraguay. La capacidad inicial era de 12,6 GW en 1984, pero desde entonces se ha aumentado a 14 GW en 2006 (Ngô y Natowitz, 2009). Muchos argumentan que los proyectos de construcción de plantas hidroeléctricas podrían mejorar las economías locales.

Sinha (1992) estimó un modelo para un sitio hipotético para simular el rendimiento y los aspectos económicos de las centrales eólicas / hidroeléctricas / diesel combinadas con almacenamiento por bombeo. Su modelo constituye un sistema de conversión de energía eólica, una mini/micro central hidroeléctrica, un generador diesel y una bomba. Los resultados muestran que el almacenamiento por bombeo no tiene un efecto significativo cuando se aplican sistemas de viento y agua. Sin embargo, podría usarse en sitios sin entradas naturales. Gagnon (1997) discutió las emisiones de GEI de las centrales hidroeléctricas y muestra que la energía hidroeléctrica es una buena alternativa en comparación con las centrales eléctricas de combustibles fósiles en la mayoría de los casos. Según los resultados, un factor de emisión de GEI típico es 15 g de CO₂ equivalente / kWh, una cantidad que es 30-60 veces menor que las centrales eléctricas de combustibles fósiles convencionales. Paish (2002) argumentó que las principales ventajas para la energía hidroeléctrica a pequeña escala incluyen un recurso energético más concentrado que el eólico o el solar, previsibilidad, disponibilidad bajo demanda, mantenimiento limitado, tecnología de larga duración, falta de combustible y ningún impacto ambiental. Paish también reconoce deficiencias que incluyen tecnología específica del sitio, la limitación de las actividades de expansión, una condición monzónica, conflictos con las pesquerías y una falta de conocimiento en la capacidad de aplicar esta tecnología en muchas áreas.

Ecuador es un estado con abundantes recursos naturales renovables y no renovables, comprometido con cambiar el patrón energético del país a través de proyectos icónicos que utilizan tecnología, son amigables con el medio ambiente y utilizan el desarrollo y la utilización de energía. Teniendo en cuenta los principales riesgos asociados a la construcción y operación de dichos proyectos, el desarrollo de centrales hidroeléctricas es la principal fuente de energía del país, los recursos necesarios para satisfacer las necesidades energéticas y un costo más conveniente.

Actualmente existen nueve grandes centrales hidroeléctricas la cuales generan el 70% (2.827.00 GWH) de la Energía Eléctrica del Ecuador, siendo el consumo Eléctrico de la industria ecuatoriana en general del 25.02% (7.018,07 GWH), de estos 7.018,07 GWH el 71% es producido hidroeléctricamente, lo cual significa un importante ahorro de Combustible fósil y una disminución significativa del impacto en el medio ambiente (Baird, 2013).

Por cada KWH producido a partir de energía renovable se ahorran 200 mililitros de combustible fósil o petróleo, esto se traduce en el ahorro económico de la producción de Energía Eléctrica a partir de la energía hidroeléctrica y en un gran impacto positivo en el medio ambiente, la Energía Eléctrica producida hídricamente tiene un alto impacto positivo en el ahorro de energía fósil (petróleo) lo cual incide en el ahorro económico de los países Industrializados y de los países en genera (Tronci & Otoyá, 2020).

Tabla 1. Investigación empírica sobre la generación de energía mediante tecnología hidroeléctrica

Autores	Asunto	Resultado
Sinha (1992)	Modelando la economía de los sistemas de energía combinados	El almacenamiento por bombeo no tiene un efecto significativo cuando se aplican sistemas de viento y agua. Pero, podría usarse para sitios sin entradas naturales.
Gagnon (1997)	Emisiones de GEI de la energía hidroeléctrica	Un factor de emisión típico de GHG es 15 g de CO ₂ equivalente / kWh, 30-60 veces menos que la generación de combustibles fósiles.
Paish (2002)	Tecnología de energía hidroeléctrica pequeña	Ventaja principal: energía más concentrada, previsibilidad, disponibilidad bajo demanda, mantenimiento limitado, tecnología de larga duración, sin combustible.
Lehner et al. (2005)	Impacto del cambio climático en la energía hidroeléctrica en Europa	El cambio climático fomenta una reducción del 25% o más en el potencial hidroeléctrico para el sur y sureste de Europa.
Ehnberg y	Fiabilidad de una pequeña potencia	Una combinación de diferentes fuentes debe ser
La pelota (2005)	sistema con energía solar e hidroeléctrica	Contratado para tener fiabilidad. La combinación de energía solar y pequeño reservorio es más favorable.

Kaldellis et al. (2010)	Análisis del almacenamiento de energía hidroeléctrica por bombeo eólico (PHES)	La capacidad de PHES tiene una contribución significativa en la electrificación de islas remotas.
Kapsali y Kaldellis (2010)	Combinación de generación de energía hidroeléctrica y eólica variable	Los sistemas PHS son viables desde un punto de vista técnico y económico en sitios aislados.
Deane et al. (2010)	Revisión tecnoeconómica del almacenamiento de energía hidroeléctrica por bombeo	El costo de capital para PHES se estima en 4702,170 euros / kWh. Está destinado a tener plantas de energía eólica-hidroeléctrica hybrid en Europa.
Raadal et al. (2011)	Ciclo de vida Emisión de GEI de la generación de viento y energía hidroeléctrica	Las emisiones de GEI de la energía eólica e hidroeléctrica varían de 0,2 a 152 g de CO2 equivalentes por kWh. La planta hidroeléctrica de pasada tiene la más baja.
Yang y Jackson (2011)	Oportunidades y barreras para PHES en los Estados Unidos	El PHES puede verse influenciado negativamente por el desarrollo de gas natural. Las nuevas leyes de precios y emisiones pueden estimular su perspectiva.
Monteiro et al. (2013)	Modelo de previsión para la producción de energía de pequeñahidro	Se requieren pronósticos de generación de energía para operar pequeñas centrales hidroeléctricas de manera adecuada para preparar ofertas de licitación y un programa de mantenimiento.

Energía eólica

La capacidad instalada de energía eólica ha aumentado de 4,8 MW en 1995 a más de 239 GW en 2011. Hoy en día, cada turbina eólica podría generar tanta electricidad como una planta de energía convencional. La energía eólica ha realizado sus contribuciones más significativas en China, Estados Unidos y Alemania, donde las capacidades instaladas acumuladas son de 62, 47 y 29 GW, respectivamente.

La tendencia muestra que la instalación de capacidad eólica ha aumentado continuamente a lo largo de las últimas dos décadas. La AIE estima que la capacidad global aumentará de 238 GW en 2011 a casi 1.100 GW para 2035, de los cuales el 80% se derivará de turbinas eólicas terrestres (IEA, 2012e). Según este informe, se espera que la capacidad eólica marina crezca con bastante rapidez de 4 GW en 2011 a 175 GW para 2035 como resultado del apoyo público. Este objetivo se alcanzará si la inversión requerida se realiza sobre la base del plan de diseño. Las estimaciones indican que se requieren alrededor de 980 mil millones de dólares en inversiones entre 2010-2020, con aumentos a 1,634 y 3,307 mil millones de dólares para 2020-2030 y 2030-2050, respectivamente (IEA, 2012e).

Sundararagavan y Baker (2012) aplicaron análisis de costos para diferentes tipos de tecnologías de almacenamiento de energía, que son útiles para mitigar la incertidumbre de la integración de turbinas eólicas y redes eléctricas debido a la intermitencia de la energía eólica. Argumentaron

que hay tres factores clave necesarios para esta integración: (i) cambio de carga, (ii) soporte de frecuencia en los niveles de transmisión y distribución, y (iii) calidad de la energía para suavizar las fluctuaciones de potencia. Los resultados muestran que ninguna tecnología por sí sola podría dominar las tres aplicaciones. Los supuestos sobre las tasas de interés y la perspectiva de los tomadores de decisiones juegan un papel crucial para la selección de tecnología.

La Central Eólica Villonaco de 16.5 MW de potencia se encuentra ubicado en la provincia de Loja, cantón Loja. Es la primera Central Eólica en Ecuador Continental.

La Central Eólica inició su construcción en agosto de 2011 y se encuentra operando de forma normal y continua sobre la base de los requerimientos del sistema eléctrico ecuatoriano desde el 2 de enero de 2013, aportando al S.N.I. una energía neta de 651,19 GWh desde su entrada en operación a febrero de 2022.

Villonaco cuenta con 11 aerogeneradores del tipo GW70/1500 de 1.5 MW cada uno, con una velocidad promedio anual de 12.7 m/s a una altitud de 2700 msnm. La Central se desarrolla a lo largo de la línea de cumbre del cerro Villonaco con una distancia aproximada de 2 km. La subestación de elevación Villonaco 34.5 kV/69 kV tiene una capacidad de 25 MVA y presenta un esquema de conexión de barra principal y transferencia. La subestación Loja, contempla la instalación de una bahía de 69 kV, la cual recibe la energía proveniente de la subestación Villonaco para ser conectada al S.N.I.

Tabla 2. Investigación empírica sobre la energía generada por la tecnología de energía eólica

Autores	Asunto	Resultado
Haack (1981)	Análisis de energía neta de pequeños sistemas de conversión de energía eólica	Los pequeños sistemas eléctricos eólicos son energéticamente competitivos y tienen una ventaja sobre otros sistemas de generación de electricidad.
Schleisner (2000)	Evaluación del ciclo de vida de un parque eólico y sus externalidades	El tiempo de recuperación de energía (EPBT) sería de 0,39 años, o menos del 2% de una vida útil de 20 años, si se asume una eficiencia energética del 40%.
Lenzen y Munksgaard (2002)	Revisión de los análisis del ciclo de vida de la energía y el CO ₂ de los aerogeneradores	Se sugiere que las incertidumbres pueden minimizarse mediante el uso de una metodología estandarizada y técnicas híbridas basadas en la salida de insumos.
Liberman (2003)	Recuperación económica y evaluación del ciclo de vida de las turbinas eólicas a escala de utilidad en los EE. UU.	Las turbinas eólicas no son factibles en todas las ubicaciones, pero podrían ser superiores a los generadores que usan gas natural o carbón en ubicaciones adecuadas.
Korpaas et al. (2003)	Operación y dimensionamiento del almacenamiento de energía para plantas de energía eólica	El almacenamiento de energía permite a los propietarios de plantas de energía eólica aprovechar los mercados al contado. Estos dispositivos son una opción costosa pero factible para algunos lugares.

Lenzen y Waxman (2004)	Variabilidad geográfica en la evaluación del ciclo de vida	Un cambio de producción en el extranjero podría ser una buena solución para lograr la reducción de emisiones.
Wagner y Pick (2004)	Ración de rendimiento energético para convertidores de energía eólica	El tiempo de recuperación de energía (EPBT) sería de 3-7 meses y la relación de rendimiento de energía es de 38-70 (depende del tipo y el sitio).
Klaassen et al. (2005)	El impacto de la I+D en la innovación de la energía eólica en Dinamarca, Alemania, Reino Unido	Se estima una tasa del 5,4% para el aprendizaje práctico y del 12,6% para el aprendizaje mediante investigación para desarrollar parques eólicos.
Benítez et al. (2008)	La economía de la energía eólica con almacenamiento de energía para Alberta, Canadá	El costo de generación de las turbinas de energía eólica se estima en 37-68 USD / MWh y el costo de reducción de las emisiones de CO ₂ sería de 41-56 USD / tono.
Meunier (2009)	Análisis del ciclo de vida de 4.5 MW y 250 MW eólicos Turbinas	La energía eólica podría ser la mejor solución ambiental para mitigar el cambio climático y suministrar electricidad en áreas fuera de la red.
Blanco (2009)	La economía de la energía eólica	El coste de generación se estima en 4,5-8,7 céntimos de euro/kWh para onshore y de 6,0-11,1 Eurocents/kWh para aerogeneradores marinos.
Crawford (2009)	Análisis del ciclo de vida y análisis de emisiones de GEI para aerogeneradores	El tamaño de una turbina eólica no es un parámetro importante para optimizar el rendimiento energético del ciclo de vida.
Kubiszewski et al. (2010)	Retorno neto de energía para sistemas de energía eólica	El retorno medio de la inversión en energía (EROI) para todos los estudios, incluidos los operativos y conceptuales, es de 25,2, mientras que es de 19,2 para los estudios operativos.
Sundararagava n y Baker (2012)	Evaluación de las tecnologías de almacenamiento de energía para la energía eólica	Los supuestos sobre las tasas de interés juegan un papel crucial en la selección de tecnologías que a su vez dependen de las perspectivas de los responsables de la toma de decisiones.

Energía solar

Durante las últimas dos décadas, la viabilidad económica de la energía solar para el consumo residencial, comercial e industrial ha sido investigada por los investigadores. Los países industriales como Japón y Alemania están buscando fuentes alternativas de energía, como la energía solar, debido a la disponibilidad limitada de fuentes de energía primaria naturales. A principios de la década de 1990, Japón comenzó a aprovechar la generación de electricidad a gran escala mediante energía solar fotovoltaica (PV), y pronto fue seguido por Alemania. Actualmente, ambos países han tomado la delantera en la fabricación y producción de tecnologías de energía solar. Más recientemente, China ha desarrollado una amplia capacidad de energía solar debido a la mano de obra barata y los subsidios gubernamentales, a su vez, disminuyendo el costo de la generación de energía solar.

Junto con la reducción de costos en la energía generada a través de tecnologías solares fotovoltaicas convencionales, el avance y el aumento de la eficiencia de las tecnologías de energía solar concentrada en los Estados Unidos ha reducido aún más el costo de la electricidad en la industria de la energía solar (Gevorkian, 2012). Por otro lado, también hay efectos negativos causados por las tecnologías solares, como los impactos en la estética de los edificios, las liberaciones rutinarias y accidentales de productos químicos, el uso de la tierra, etc. (Tsoutsos et al., 2005). El market solar fotovoltaico ha experimentado un crecimiento extraordinario en los últimos cinco años.

Raugei y Frankl (2009) propusieron tres escenarios alternativos para el desarrollo futuro de sistemas fotovoltaicos desde el momento actual hasta el año 2050, y argumentaron que es probable que estos escenarios desempeñen un papel importante en la futura combinación energética. Fthenakis et al. (2009) utilizaron datos de carga horaria para todo Estados Unidos, así como 45 años de datos de irradiación solar, y propusieron un plan basado en tecnologías fotovoltaicas y CSP. Creían que la energía solar ha sido hasta ahora un contribuyente menor debido al costo y el factor de intermitencia de la energía solar, pero que las reducciones de costos realizadas por las nuevas tecnologías emergentes pueden permitir que la energía solar sea compatible con los combustibles fósiles. Muestran que la energía solar tiene la capacidad de suministrar el 69% de la demanda total de electricidad y el 35% de la demanda total de energía en los Estados Unidos, todo para el año 2050. Según su investigación, podría aumentar al 90% cuando se extienda al año 2100.

Ecuador tiene una alta radiación solar y un gran potencial fotovoltaico. Actualmente, el mercado de generación de electricidad por esa vía todavía es pequeño. En el país se ha invertido aproximadamente \$50 millones en proyectos fotovoltaicos de pequeña capacidad por parte de la empresa privada. Estos proyectos están ubicados en 8 provincias: Guayas, Manabí, Pichincha, Cotopaxi, Loja, Imbabura, El Oro y Galápagos. Ese monto se cuadruplicará en 2023, cuando entren en operación dos proyectos más. Por un lado, Conolophus, que incluye una red compuesta de generación fotovoltaica y baterías en las islas Galápagos. La inversión para esa iniciativa es de \$63 millones. Por otro lado, está Aromo fotovoltaico, con una capacidad de 200 MW en Manabí (\$144 millones).

Ventajas locales de radiación

El potencial de la fuente solar todavía está inexplorado. Según información del Ministerio de Energía, considerando la ubicación geográfica privilegiada de Ecuador, se ha identificado una alta radiación que puede ser aprovechada para la generación de energía eléctrica. La disponibilidad del recurso solar, medido como insolación media global, llega a los 4.575 kilovatios hora por metro cuadrado ($\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$). Ese nivel es 40% más alto que el promedio de la región.

Tabla 3. Investigación empírica sobre la energía generada por la tecnología de energía solar

Autores	Asunto	Resultado
Frankl et al. (1997)	Análisis del ciclo de vida de los sistemas fotovoltaicos en edificios	Estimaron rendimientos de CO_2 de 2,6 y 5,4 para plantas de energía fotovoltaica convencionales y sistemas integrados en edificios.
Oliver y Jackson (1999)	Mercado fotovoltaico	Los satélites, la industria remota, las comunidades remotas, los sistemas solares domésticos, las casas remotas y los productos de consumo podrían considerarse nichos de mercado para la energía solar fotovoltaica.
Nieuwenhout (2001)	Experiencia con sistemas solares domésticos en el desarrollo de países	La falta de experiencia de los usuarios, los efectos negativos de las subvenciones, la limitada elección del tamaño y la insuficiente transparencia del mercado parecen presentar dificultades.
Kolhe et al. (2002)	Viabilidad económica de la energía solar fotovoltaica en comparación con el diesel en la India	Los sistemas fotovoltaicos tienen el costo más bajo de hasta 15 kWh y se pueden aumentar a 68 kWh / día. El punto de equilibrio aumenta si el costo de la energía fotovoltaica disminuye y los costos del diesel aumentan.
Waldau (2006)	Pv europea en comparación mundial	Se requiere un marco político confiable para garantizar el retorno de la inversión y se necesita más investigación para encontrar materiales rentables, diseño de dispositivos y aumentar la eficiencia.
Nawaz y Tiwari (2006)	Análisis energy de PV basado en el nivel macro y micro en la India	Se estima que el EPBT está en el rango de 7-26 años y las reducciones de emisiones de CO_2 por la tecnología existente se calculan en el rango de 18-160 kg / m^2 / año.
Fthenakis y Kim (2007)	Emisiones de GEI de energía solar y nuclear	Las emisiones de GEI (basadas en el equivalente de CO_2) son de 22-49 g/kWh (promedio de EE.UU.) y 17-39 g/kWh (suroeste) para la energía solar y 16-55 g/kWh para la energía nuclear.
Ito et al. (2008)	Estudio sobre análisis de costes y ciclo de vida para pv pv a muy gran escala	El EPBT es de 1,5-2,5 años y la tasa de emisión de CO_2 es de 9-16 g/kWh. El costo de generación se estima en 11-12 (19-20) centavos de dólar estadounidense / kWh para el uso de módulos fotovoltaicos de 2 (4) USD / W.
Fthenakis et al. (2008)	Emisiones del ciclo de vida fotovoltaico	El teluro de cadmio de película delgada tiene la menor cantidad de emisiones entre los cuatro tipos de tecnología. Las diferencias en las emisiones de las distintas tecnologías fotovoltaicas son demasiado pequeñas.
Feltrin y Amistoso (2008)	Consideración material para el despliegue de energía fotovoltaica a nivel de teravatios	A pesar de la disponibilidad de silicio, las células solares cristalinas basadas en Si no podrían alcanzar el nivel de teravatios fácilmente en una gran escala de tecnología.

Raugei y Frankl (2009)	Impactos del ciclo de vida y costos de los sistemas fotovoltaicos	Si los incentivos económicos continúan durante las próximas dos décadas, es probable que los sistemas fotovoltaicos desempeñen un papel importante en la futura combinación energética.
Fthenakis et al. (2009)	Viabilidad de la energía solar para satisfacer las necesidades energéticas de los EE.UU.	La energía solar tiene la capacidad de suministrar el 69% de la electricidad total y el 35% de la demanda total de energía en los Estados Unidos para 2050. Podría aumentarse al 90% para 2100.
Huo et al. (2011)	Relación entre el mercado fotovoltaico y su fabricación	El crecimiento de la venta en el mercado afecta la escala de innovación en los Estados Unidos, Alemania y Japón. La viabilidad del sistema solar fotovoltaico aumentará en el futuro a medida que se expanda geográficamente.
Branker et al. (2011)	Solar PV nivelado el costo de la electricidad	La energía solar fotovoltaica ya cumplió con la paridad de la red en algunos lugares debido a la reducción de costos. La viabilidad del sistema solar fotovoltaico aumentará en el futuro a medida que se expanda geográficamente.

Geotermia

La geotermia es un tipo de energía térmica generada y almacenada dentro de la Tierra. Se ha utilizado a lo largo de la historia para bañarse, calentarse y cocinar. La energía geotérmica es creada por la desintegración radiactiva, con temperaturas que alcanzan los 4.000 ° C en el núcleo del Earth. Si bien la energía geotérmica está disponible en todo el mundo, hay un factor importante llamado gradiente geotérmico que indica si una región es un lugar favorito para la promulgación. Mide la velocidad a la que aumenta la temperatura a medida que aumenta la profundidad del Earth. Por ejemplo, el gradiente geotérmico promedio en Francia es de 4 ° C / 100 m con un rango de 10 ° C / 100 m en la región de Alsacia a 2 ° C / 100 m en las montañas de los Pirineos. En Islandia y las regiones volcánicas, el gradiente puede alcanzar hasta 30 ° C / 100 m (Ngô and Natowitz, 2009).

El gradiente geotérmico no es la única herramienta utilizada para medir la accesibilidad de la energía geotérmica. La permeabilidad de las rocas, que determina la tasa de flujo de calor a la superficie, se considera otra medida importante en la disponibilidad de energía geotérmica. La energía geotérmica tiene una gran ventaja en comparación con la energía eólica y solar, ya que está disponible las 24 horas del día durante todo el año. Según Ngô y Natowitz (2009), las emisiones estimadas de CO₂ producidas por los recursos geotermiales son de 55 g / kWh cuando se utilizan datos de una encuesta del 73% de las plantas de energía geotérmica. Existe la posibilidad de que este valor se reduzca a cero si el fluido geotérmico se vuelve a inyectar en el

suelo. Un total de 24 países están utilizando actualmente plantas de energía geotérmica. La capacidad total instalada fue de 11 GW en 2011.

“La geotermia, al igual que la minería es necesaria para el desarrollo económico y social del Ecuador y de esta forma mantener el desarrollo sostenible del país”, con esta declaración, Javier Martínez, coordinador de la carrera de Ingeniería en Minas y Energías de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Internacional SEK, organizador del evento, dio la bienvenida al Webinar Geotermia en Ecuador: Oportunidades de desarrollo de proyectos, en la cual participaron como expositores, Andrés Lloret y Danilo Asimbaya, técnicos e investigadores en geotermia del Instituto de Investigación geológico y Energético (IIGE).

El prospecto geotérmico Chalpatán está ubicado a 20 km al sur oeste de Tulcán en la provincia del Carchi. Esta es una caldera de 8 km de diámetro, cuyo recurso fue estudiado en el 2012 por la Corporación Eléctrica del Ecuador con apoyo del ex Instituto Nacional de Preinversión, Los resultados del estudio a detalle, en aproximadamente 132 km², determinaron que en el escenario más optimista, el recurso alcanzaría los 120°C, el cual se podría aprovechar en usos directos en las diferentes industrias ubicadas en el sector, como en la agricultura; por ejemplo, a través de la implementación de invernaderos climatizados y, en la dinámica social debido a la cercanía con la frontera colombiana.

De su lado, Danilo Asimbaya expuso sobre la “Investigación en Baños de Cuenca”, estudio que también fue presentado en el Congreso Mundial de Geotermia. Este estudio propone un sistema geotérmico con temperaturas superiores a 140°C en reservorio, que podría ser aprovechado para generación eléctrica y/o usos directos.

Tabla 4. Investigación empírica sobre la energía generada por la tecnología de energía geotérmica

Autores	Asunto	Resultado
Fridleifsson y Freeston (1994)	Energía geotérmica I+D	15-20 mil millones de dólares para la inversión total Se necesita energía geotérmica en el mundo durante la próxima década. Podría usarse tanto para plantas de energía base como para plantas de pico.
Murphy y Niitsuma (1999)	Estrategias para compensar los mayores costos de la geotermia	Sugirieron algunas medidas de política fiscal, como un impuesto al carbono y la monetización de las ventajas de la electricidad geotérmica.
Stefansson (2002)	Costo de inversión para plantas de energía geotérmica	El costo total de inversión de las plantas de energía geotérmica (en el rango de 20-60 MW) se estima en 1,267 USD / kW en un campo conocido y 1,440 USD / kW en un campo desconocido.
Lund et al. (2005)	Aplicación de la energía geotérmica	Utilizando 28.268 MWt de capacidad instalada en 2005, el ahorro de energía estimado podría ser de 128,9 millones de

		barriles de petróleo o 19,2 millones de toneladas de petróleo por año.
Frick et al. (2010)	Evaluación del ciclo de vida de las centrales binarias geotérmicas	El ciclo de vida de una planta de energía binaria geotérmica está determinado por materiales e insumos de energía. El reservorio para perforación mínima reduce los impactos ambientales.
Saner et al. (2010)	Perspectivas del ciclo de vida de los sistemas geotérmicos	Equivalente de emisión de CO ₂ de 63 toneladas para un ciclo de vida de 20 años, significa un ahorro de emisiones del 31-88% para Europa, en comparación con los sistemas de calefacción convencionales.
Purkus y Barth (2011)	Producción de energía geotérmica en los futuros mercados de electricidad	Los altos costos de inversión y el riesgo de calor insuficiente son desventajas de esta tecnología, pero la no intermitencia le permite ser un suministro confiable de energía de carga base.
Kaya et al. (2011)	Reinyección en campos geotérmicos	Se requiere un plan de reinyección para reducir el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. Es un método respetuoso con el medio ambiente de eliminación de aguas residuales.
Chamorro et al. (2012)	Estudio energético, ambiental y económico de la tecnología geotérmica	La planta modelo de vapor seco (DSMP) tiene el factor de VAN e IRR más alto con 1,013.6 M\$ y 22.8%, respectivamente. Además, el costo de la electricidad a 29.38 \$ / MWh para DSMP es el más bajo.

Otras fuentes renovables

Hay otros tipos de fuentes de energía renovables, incluida la biomasa, las olas del océano y las mareas. La biomasa se define como plantas vivas y desechos orgánicos que son producidos por plantas, seres humanos, vida marina y animales. Basado en Tester (2005), la principal ventaja de la biomasa es la disponibilidad, ya que se puede encontrar fácilmente en todos los lugares. Se pueden producir muchos tipos de energía a partir de biomasa: electricidad, calor de cocina, materia prima química, etc. Como materia prima, la biomasa tiene un menor contenido de azufre que el carbón y se produce una menor emisión por combustión. A principios de 2000, los Estados Unidos tenían una capacidad instalada de 11 GW de biomasa, incluida la industria agrícola y de productos forestales, la industria de desechos municipales y sólidos y otras fuentes (Ngô y Natowitz, 2009).

La extracción de energía del océano se considera una opción interesante, debido en parte a la amplia disponibilidad de fuentes oceánicas. Hay seis recursos diferentes que están disponibles en los océanos: energía eólica marina, energía de las olas, energía de corriente marina, conversión de energía térmica oceánica, energía mareomotriz y energía osmótica. La Bahía de Fundy tiene el rango de marea más grande del mundo que le permite soportar una central eléctrica con una

capacidad de 2 GW o más (Tester, 2005). En este trabajo consideramos la energía hidroeléctrica, eólica, solar y geotérmica, debido a su principal contribución a la generación de energía renovable.

Tecnologías de eficiencia energética

Como se mencionó anteriormente, hay dos soluciones principales para reducir las emisiones de CO₂ y superar el problema del cambio climático: reemplazar los combustibles fósiles con fuentes de energía renovables tanto como sea posible y mejorar la eficiencia energética. Discutimos los métodos de vanguardia para la viabilidad técnica y económica de expandir el uso de fuentes de energía renovables y la posibilidad de sustitución en la primera parte de esta revisión. En esta parte que sigue, discutimos las tecnologías de eficiencia energética. La eficiencia energética de una red eléctrica podría considerarse en diferentes etapas, como la generación, la transmisión, la distribución y el consumo de energía. Las diferentes tecnologías que están disponibles actualmente incluyen vehículos eléctricos (EV), calor y energía combinados (CHP), plantas de energía virtual (VPP) y redes inteligentes, cada una de las cuales se discute a continuación.

Vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos (EV, incluida la batería, la pila de combustible y los tipos híbridos) tienen el potencial de considerarse opciones viables tanto para el almacenamiento de electricidad como para la generación de energía. Teniendo en cuenta que el sector del transporte es una de las principales fuentes de emisiones, la mejora de la eficiencia del combustible nos permite lograr el mayor ahorro de combustible y reducción de CO₂ a corto plazo. Por lo tanto, el mayor uso de vehículos eléctricos y el aumento de su participación en la flota de vehículos pueden desempeñar un papel clave a largo plazo. La AIE (2012c) forecasted una mayor proporción de vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) en las próximas dos décadas, con un aumento total de hasta el 50% para 2050. "A largo plazo, la tecnología de red inteligente puede permitir que los vehículos eléctricos se utilicen como dispositivos de almacenamiento distribuido, alimentando la electricidad almacenada en sus baterías al sistema cuando sea necesario (vehículo a red), para ayudar a proporcionar capacidad de afeitado máximo" (AIE, 2012e).

Weiller (2011) aplicó un modelo que examina los impactos de diferentes escenarios de carga para PHEV en los Estados Unidos en el demand de electricidad, teniendo en cuenta la hora del día y el lugar de carga. Los resultados muestran que la posibilidad de poder cargar en lugares distintos al hogar aumenta la fracción del uso diario de energía de PHEV del 24% al 29% (1.5-2.0 kWh /

día). Según los resultados, PHEV-20 (vehículos con un alcance de 20 millas) cambia el 45-65% de las millas recorridas a la electricidad, en comparación con el 65-80% para PHEV-40. Además, se conjetura que los PHEV permiten a los conductores estadounidenses reducir el consumo de gasolina en más del 50% a través del cambio del 45-77% de los miles viajados a la energía eléctrica. Weiller indicó que los PHEV podrían considerarse una solución rentable cuando comparamos los costos de electricidad en aproximadamente \$ 0.03 / milla (\$ 0.13 / kWh) con la gasolina que cuesta \$ 0.12 / milla (\$ 3 / galón). La política ambiental y de transporte, así como los incentivos financieros públicos con respecto a un impuesto al carbono, pueden influir en la implementación temprana y completa de los vehículos eléctricos.

Calor y energía combinados

La cogeneración, o cogeneración de calor y energía (CHP), es el uso de calor y energía eléctrica juntos. Se espera que tenga una ganancia sustancial en la eficiencia de cada fuente por separado. La mayoría de las compañías de distribución de energía suministran solo electricidad, no agua caliente o vapor. Teniendo en cuenta que casi el 30-40% de la carga total de energía de un país se utiliza para prestar atención, la cogeneración es un uso eficiente del combustible cuando una parte de la energía se descarta como calor residual. Captura parte o la totalidad de la energía residual como subproducto para la calefacción. En Reykjavik y Nueva York, los usuarios finales pueden comprar electricidad y energía térmica de una empresa de servicios públicos (Tester, 2005). Un ejemplo de cogeneración es la unidad de cogeneración en Avedore, Dinamarca, que es una planta de multicomcombustibles (Ngô y Natowitz, 2009). Shipley et al. (2008) calcularon que aumentar la capacidad de cogeneración de los Estados Unidos al 20% para 2030 conduciría a una reducción de 5,3 Quads (Quadrillion British Thermal Units) de consumo de energía y 848 MMT de emisiones de dióxido de carbono. Según sus hallazgos, Estados Unidos ahorraría más de 1.9 Quads de consumo de combustible y 248 millones de toneladas métricas de emisiones de dióxido de carbono mediante el empleo de CHP. Según el informe WEO (2012), la eficiencia promedio de las centrales eléctricas es del 41% en todo el mundo, con casi el 60% de la energía primaria convertida en calor residual (IEA, 2012e). La cogeneración podría transformar una parte significativa del calor residual en un valor económico positivo para los procesos industriales o la calefacción en edificios residuales y comerciales. Se estima que las nuevas unidades de cogeneración podrían mejorar la eficiencia energética a un nivel superior al 85%.

Hawkes y Leach (2007) examinaron estrategias operativas rentables de tres tecnologías alternativas de micro-COGENERACIÓN (motor Sterling, motor de gas y sistema basado en pila de combustible de óxido sólido (SOFC)) para su aplicación residencial en el Reino Unido. Evaluaron los atributos económicos y ambientales de las tecnologías mencionadas anteriormente para las estrategias operativas dirigidas por calor, electricidad y de menor costo. Los resultados mostraron que el sistema basado en SOFC tuvo el costo operativo máximo y la mayor reducción de emisiones de CO₂ siguiendo la estrategia operativa de menor costo. You et al. (2009) examinaron la capacidad de exportación de electricidad de las unidades agregadas de microgeneración como una planta de energía virtual (VPP) a través de la participación en el mercado mayorista de electricidad. Descubrieron que la capacidad de exportación de los sistemas de microgeneración depende en gran medida de los parámetros técnicos, el precio de la energía asociado y el perfil de demanda. Sobre la base del modelo aplicado, se supone que el precio marginal de un sistema de microgeneración es más alto que el precio al contado durante la mayor parte del año.

Medidor inteligente

El objetivo más importante para las empresas de generación de energía en la gestión de la demanda es reducir la demanda máxima durante un cierto período. En este sentido, un medidor inteligente es un dispositivo para registrar el consumo de electricidad en intervalos horarios y la información es monitoreada tanto por la empresa de servicios públicos como por el cliente. Un meter inteligente es capaz de tener comunicación bidireccional y gestión de inteligencia para electrodomésticos. Hartway et al. (1999) examinaron la aplicación de medidores inteligentes y el control de elección del cliente para demostrar que una estrategia de tiempo de uso (TOU) puede ser beneficiosa para una empresa de servicios públicos. Los resultados muestran que la opción de tarifa TOU podría resultar en un ahorro de energía de 107 kWh para cada cliente por año. Calcularon que el ahorro anual en las facturas de electricidad de los clientes era de \$ 77 con un ahorro de costos de \$ 134 por cliente para la compañía de servicios públicos. La aplicación de contadores inteligentes podría facilitar un cambio significativo en la eficiencia energética de las redes eléctricas.

Krishnamurti et al. (2012) discutieron las expectativas de los consumidores y sus decisiones de comportamiento, aplicando un modelo para medir los impactos de la instalación de medidores inteligentes en su difusión. Sobre la base de los resultados, existe una idea errónea por parte de

los consumidores sobre el impacto de la integración de la medición inteligente. Sugirieron que este concepto erróneo podría ser remediado por las empresas eléctricas, que pueden explicar claramente los riesgos y beneficios potenciales y aliviar las preocupaciones sobre la privacidad y la pérdida de control. McKenna et al. (2012) analizaron las preocupaciones de privacidad del consumidor sobre la medición inteligente y algunas aplicaciones de los datos de los medidores de manto requeridos para la industria eléctrica. Examinaron cuánta sensibilidad es aceptable para obtener datos e investigaron si la fuga de datos personales puede minimizarse o evitarse. Sobre la base de los resultados, se sugiere que los requisitos de suministro de energía para la medición inteligente sensible podrían reducirse mediante la aplicación de técnicas de privacidad apropiadas. Las preocupaciones sobre la privacidad tienen un gran potencial para retrasar la penetración de los medidores inteligentes.

McHenry (2013) discutió las consideraciones técnicas y de gobernanza de las infraestructuras de medidores inteligentes, incluidos los requisitos técnicos y no técnicos, los costos y beneficios de las infraestructuras de medidores inteligentes y el impacto de la instalación de medidores inteligentes en las partes interesadas. Argumentó que todos los beneficios de la infraestructura de medición avanzada (AMI), junto con otras tecnologías, permiten a las partes interesadas aprovechar la gestión inteligente para minimizar los costos, mejorar la eficiencia y el monitoreo remoto. Aunque los beneficios potenciales de AMI podrían ser significativos, se afirma que la escala de la inversión en medidores inteligentes y su distribución entre los usuarios y proveedores de energía se considera un desafío sin precedentes para los responsables de la formulación de políticas.

Principales impulsores del uso de tecnologías de energía renovable

Seguridad energética

Las preocupaciones sobre la seguridad del suministro de energía surgieron después del embargo petrolero árabe en 1973. Otros factores incluyeron los altos precios del petróleo, la creciente dependencia de las importaciones de petróleo, el agotamiento de los combustibles fósiles, una creciente competencia de las economías emergentes, la insaciabilidad política en los principales productores de petróleo y un alto impacto debido a cualquier interrupción en el suministro de energía en los países desarrollados y en rápido desarrollo (Bhattacharyya, 2011). El nivel de inseguridad se demostró por el riesgo de interrupción del suministro y los costos estimados

asociados con la mejora de la seguridad. Owen (2004) calificó la seguridad del suministro de energía como un requisito clave para los objetivos económicos, ambientales y sociales de las políticas de desarrollo sostenible. En su opinión, el riesgo para la seguridad energética podría clasificarse como riesgos estratégicos y del sistema doméstico. También definió los costos de daños y los costos de control como costos potenciales impuestos por la inseguridad energética. Argumentó que el costo de los daños podría evaluarse por posibles disminuciones en el PNB, pero que es difícil estimar cuánto dinero se gasta como costos de control. Por ejemplo, es muy difícil estimar cuánto dinero ha gastado Estados Unidos para controlar la seguridad petrolera.

Las preocupaciones sobre el cambio climático tuvieron un impacto adicional en los objetivos de seguridad energética. La diversificación del suministro de energía para promover la seguridad energética podría considerarse una política para la protección del clima (Bhattacharyya, 2011). Antes de la era de la industrialización, cuando el carbón se utilizaba como la principal fuente de energía (mediados del siglo 19), las fuentes de energía renovables se usaban ampliamente. Existe el potencial de utilizar energía renovable (por ejemplo, energía hidroeléctrica, solar, eólica y biomasa) en todo el mundo, lo que permite el suministro de energía limpia y mejora el suministro de energía sostenible a largo plazo (Asif y Muneer, 2007). Las fuentes de energía renovable también pueden tener problemas de seguridad, como resultado de las características intermitentes de algunos tipos de energía, incluida la energía solar y eólica, así como la posibilidad de bajas precipitaciones para el consumo de energía hidroeléctrica. Por lo tanto, tales factores deben ser considerados en los sectores que dependen en gran medida de estas fuentes. Las tecnologías de energía renovable son beneficiosas tanto para los países productores como para los consumidores de energía. Las tecnologías de energía renovable reducen la demanda interna de combustibles fósiles y aumentan la capacidad de exportación. Por ejemplo, Irán fue el 4º mayor productor de gas natural en todo el mundo en 2011, pero fue un importador neto debido a la alta demanda interna. Además, una alta dependencia a la importación podría crear un grave problema si hay algún tipo de interrupción en el suministro de energía. Por ejemplo, los países europeos dependen de Rusia para importar gas natural y, a su vez, experimentaron grandes dificultades cuando Rusia cortó el suministro de gas transmitido por Ucrania en 2006.

Además, también deberíamos tener en cuenta los costes externos gastados en seguridad energética indirectamente en nuestro cálculo. Junto con los costos de almacenamiento y los gastos militares, existe un costo de externalidad relativamente grande asociado con la posibilidad de

accidentes en las centrales nucleares, como se vio en los accidentes en Three Mile Island (1979), Chernobyl (1986) y Fukushima Daiichi (2011). Alrededor de 6.000 casos de cáncer de tiroides se han registrado en regiones contaminadas desde el accidente de Chernobyl hasta la fecha, y se ha estimado que pueden surgir 10.000-40.000 casos adicionales de cáncer en las próximas décadas (Hoeve y Jacobson, 2012). El número de accidentes en las centrales nucleares puede ser raro, pero los costos económicos, sociales y ambientales pueden ser extremos. Si incluimos todos los costos externos en nuestra evaluación, incluidos los relacionados con la seguridad social y medioambiental, las fuentes de energía renovables serán factibles.

Impactos económicos

Los énfasis de los impactos económicos son la creación de empleo, la innovación industrial y la balanza de pagos. Las tecnologías de energía renovable podrían permitir a los países con buenos recursos solares o eólicos emplear estas fuentes de energía para satisfacer su demanda interna. Además, las tecnologías de energía renovable pueden incluso permitir a estos países utilizar fuentes de energía renovables con potencial de exportación a largo plazo. Además, el costo de importar combustibles puede afectar el crecimiento económico. Si estos países pudieran reducir su balanza de pagos mediante la obtención de su propia energía renovable para reemplazar su dependencia de los combustibles fósiles, podría aumentar la capacidad de inversión en los otros sectores. La AIE creó un análisis de costo-beneficio para la inversión en sistemas de energía bajos en carbono basado en dos escenarios: ETP 2012 6 ° C (6DS), que asume los negocios como de costumbre, y 2 ° C (2DS), que apunta a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono en un 50 por ciento, utilizando los niveles de 2005 como punto de referencia. Los resultados estiman que se ahorrarán 103 billones de dólares durante los años 2010-2050 al reducir el consumo de combustibles fósiles. Este cálculo se basa en la reducción de las compras de combustibles fósiles (214 Gtoe), aunque la estimación podría aumentar a 150 billones de dólares si se tiene en cuenta el impacto de los precios más bajos de los combustibles (AIE, 2012c).

En el informe GSR 2012, el desglose de la creación de empleo por sector es el siguiente: 1,5 millones de trabajadores en la industria de los biocombustibles, 820.000 en la industria solar fotovoltaica y 670.000 en la industria de la energía eólica. Actualmente, más de 1,6 millones de trabajadores están empleados en la industria de las energías renovables (Martinot y Sawin, 2012). La mayoría de los empleos en las industrias de energía renovable se encuentran en China, Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea. Alemania ha sido el líder en Europa en términos de creación

de empleo en la industria de las energías renovables. Ha aumentado considerablemente su generación de energía mediante tecnologías renovables desde principios de este siglo, con una participación de casi el 15 por ciento de la producción total de electricidad en 2008 (Frondelet al., 2010). Ragwitz et al. (2009) investigaron los efectos brutos y netos de las políticas de energía renovable en la Unión Europea.

Reducción de las emisiones de CO₂

Las tecnologías de energía renovable podrían reducir las emisiones de dióxido de carbono al reemplazar los combustibles fósiles en la industria de generación de energía y el sector del transporte. Las emisiones de CO₂ del ciclo de vida de las tecnologías de energía renovable son mucho más bajas que las de los combustibles fósiles. El equilibrio del ciclo de vida también se considera un factor importante en los sectores de la calefacción y el transporte. Sobre la base de un análisis realizado por la AIE, la generación de energía renovable permitió a los países ahorrar 1,7 Gt de emisiones de CO₂ en 2008, una cifra que es superior a las emisiones totales de CO₂ del sector eléctrico en la región europea (1,4 Gt) (Ölz, 2011).

Edenhofer et al. (2010) examinaron la viabilidad tecnológica y las consecuencias económicas de alcanzar los objetivos de gases de efecto invernadero y encontraron que estos objetivos son lo suficientemente bajos como para ser factibles, tanto técnica como económicamente. Declararon que esto depende crucialmente de la tecnología en particular. Por ejemplo, la disponibilidad de tecnología de almacenamiento de captura de carbono es muy importante en la eliminación de CO₂ de la atmósfera. Además, argumentaron que se requieren requisitos políticos e institucionales adicionales para alcanzar los objetivos.

Ecuador tiene una matriz de generación de energía renovable

A la fecha, Ecuador cuenta con una matriz eléctrica predominantemente renovable, que alcanza una potencia total instalada de 7.348,68 Megavatios (MW). De ese total, 5.100 MW corresponden a generación hidroeléctrica, 2.000 MW a generación termoeléctrica y la diferencia a generación renovable no convencional (biomasa, eólica, fotovoltaica, biogas). Esta participación empezará a cambiar con el ingreso de la central eólica Huascachaca de 50 MW en la provincia de Loja, con una inversión de \$90 millones (2022). A eso, se suma la adjudicación de los dos proyectos fotovoltaicos y Villonaco eólico de 110 MW en Loja (2023).

Resumen y conclusión

Las preocupaciones actuales sobre el cambio climático han hecho de las fuentes de energía renovables un componente importante de la cartera mundial de consumo de energía. Las tecnologías de energía renovable podrían reducir las emisiones de dióxido de carbono al reemplazar los combustibles fósiles en la industria de generación de energía y el sector del transporte. Debido a las externalidades negativas e irreversibles en la producción de energía convencional, es necesario desarrollar y promover tecnologías de suministro de energía renovable. Debe aumentarse la generación de energía utilizando fuentes de energía renovables para reducir el coste unitario de la energía y hacerlas compatibles con una alternativa competitiva a las fuentes de energía artificiales. Se pueden implementar dos soluciones principales para reducir las emisiones de CO₂ y superar el problema del cambio climático: reemplazar los combustibles fósiles con fuentes de energía renovables tanto como sea posible y mejorar la eficiencia energética independientemente del tipo. En esta revisión, consideramos las fuentes hidroeléctricas, eólicas, solares y geotérmicas, debido a su contribución significativa a la energía generada por fuentes renovables.

La producción y el suministro de energía renovable aumentan continuamente a nivel mundial. Tras el drástico aumento del precio del petróleo y sus impactos en los precios del carbón y el gas, en los últimos años se ha realizado una gran cantidad de inversiones en energía renovable. Estos avances en la tecnología han permitido a los países producir energía renovable en cantidades de cerveza larger y de manera más rentable. Debido a las externalidades negativas e irreversibles asociadas con la extracción y el consumo de energía convencional, es necesario promover y desarrollar el suministro y consumo de energía renovable. La AIE pronostica desarrollos positivos en fuentes de energía renovables. Actúan como sustitutos de los combustibles fósiles y reducen las emisiones. A corto plazo, algunas tecnologías renovables pueden no ser comparables a los combustibles convencionales en el ámbito de los costes de producción y transmisión, pero podrían ser comparables si tenemos en cuenta sus externalidades positivas asociadas, como sus efectos ambientales y sociales. Además, cabe señalar que las economías de escala podrían desempeñar un papel clave en la reducción del costo unitario de producción. Los costos y tecnologías de transmisión y distribución no difieren mucho entre las fuentes de energías convencionales y renovables. En esta revisión hemos presentado datos detallados sobre los principales desarrollos de tecnología de suministro de energía renovable, incluidos los hidro,

eólicos, solares y geotérmicos en detalle y otras fuentes como la biomasa, las olas del océano y las mareas en brevedad. Se ha hecho hincapié en la capacidad de producción actual y la capacidad estimada, así como en los costos de desarrollo que se hundan. También hemos presentado hallazgos empíricos de estudios comparativos de tecnologías de energía alternativa.

La energía hidroeléctrica es la mayor fuente de energía renovable para la generación de energía en todo el mundo. A pesar de su gran contribución a la generación de energía, su desarrollo es difícil debido a un alto costo de inversión fija inicial y costos ambientales y de reubicación de la población. La energía hidroeléctrica es atractiva debido a un suministro combinado de agua para la agricultura, el hogar, la recreación y el uso industrial. Además, puede almacenar agua y energía que se pueden utilizar tanto para la generación de energía de carga base como para la carga máxima. La disponibilidad de riesgos políticos y de mercado, las prioridades de asignación de recursos y las preocupaciones ambientales locales se consideran obstáculos para el desarrollo de la capacidad hidroeléctrica. La capacidad instalada de energía eólica también ha ido en aumento, especialmente en países como China, Estados Unidos, Alemania y Dinamarca. Las ventajas de las plantas de energía eólica incluyen la instalación como contratos llave en mano en un corto período, una menor inversión en comparación con las centrales nucleares e hidroeléctricas, economías de producción en masa, ausencia de costos de combustible y bajos costos de operación y mantenimiento. Los problemas asociados con el uso de la energía eólica incluyen la intermitencia de la energía eólica y un costo adicional para la transmisión de energía a los usuarios. El costo de generación depende de la ubicación, la viabilidad y la velocidad mínima requerida para las turbinas eólicas. China ha desarrollado su propia capacidad de energía solar, disminuyendo el costo de generación debido a la disponibilidad de mano de obra barata y subsidios públicos. Otra fuente de los costos reducidos está en los avances y la alta eficiencia en las tecnologías de energía solar concentrada en los Estados Unidos. Los efectos negativos incluyen el uso de tierras, materiales y productos químicos y los impactos en la estética de los edificios. El rendimiento depende de la ubicación. La energía geotérmica se ha utilizado a lo largo de la historia para bañarse, calentarse y cocinar. El gradiente geotérmico y la permeabilidad de las rocas determinan su viabilidad de implementación económica. A diferencia de la energía eólica y solar, la geotermia está continuamente disponible durante todo el año, aunque la tecnología tiene algunos efectos ambientales negativos.

La mejora de la eficiencia energética es una forma importante de reducir el uso de energía y, por lo tanto, las emisiones de CO₂, y de superar el problema del cambio climático. Discutimos métodos de vanguardia para la viabilidad técnica y económica en la implementación de fuentes de energía renovables, así como la posibilidad de su uso combinado y sustitución en la primera parte de esta revisión. En la última parte discutimos las tecnologías de eficiencia energética. La eficiencia energética de las redes eléctricas se puede considerar en diferentes etapas, como la generación, transmisión, distribución y consumo de energía. Para este propósito, están disponibles diferentes tecnologías de eficiencia energética, incluidos vehículos eléctricos, calor y energía combinados, plantas de energía virtuales y redes inteligentes. Cada una de estas tecnologías se discutió en detalle y se compararon sus rendimientos.

Los vehículos eléctricos tienen el potencial de ser utilizados tanto para la generación como para el almacenamiento de energía. Dado que el transporte es uno de los principales contribuyentes al problema de las emisiones, mejorar la eficiencia del combustible con la adopción de la tecnología de vehículos eléctricos a gran escala permitirá un mayor ahorro de energía y reducciones de CO₂. Los avances en la tecnología de redes inteligentes afectan el uso a gran escala de vehículos eléctricos y mejoran la eficacia de la tecnología. Sin embargo, la gestión de las fluctuaciones de carga y suministro es un desafío. Las tecnologías combinadas de calor y energía proporcionan ganancias sustanciales en eficiencia. La tecnología ofrece un uso eficiente del combustible al evitar el descarte de energía como calor de agua. Una parte significativa del calor residual se puede transformar en un producto para calentar edificios, lo que aumenta su valor económico y mejora la eficiencia energética. Una central eléctrica virtual es un clúster de recursos energéticos distribuidos controlados y gestionados por una unidad de control central, lo que permite la posibilidad de controlar los electrodomésticos para optimizar las reducciones de carga. Ayuda a combatir el problema del desperdicio de energía debido a las pérdidas de distancia y transmisión. El Ecuador se halla inmerso en un proceso de cambio de la matriz energética, sustituyendo el consumo de combustibles fósiles por energía limpia y renovable. Es así que según datos del 2020 aproximadamente el 90% de la energía eléctrica consumida en el país proviene de fuentes de energía renovables, el 9% proviene de combustibles fósiles y el 1% de la importación desde Colombia. Esta característica hace que sea un país ideal para el impulso de la electromovilidad en todas sus formas.

La transición mundial hacia un transporte sostenible es irreversible. En el Ecuador se han dado los primeros pasos en materia regulatoria eléctrica para fomentar la instalación de estaciones de carga de vehículos eléctricos. Sin embargo, está pendiente aún la definición de la tarifa máxima que cobraría el prestador de este servicio.

Se tiene aún un largo camino que recorrer en base a la Estrategia de Nacional de Movilidad Eléctrica elaborada por el BID-MTOP (marzo 2021), en la articulación de políticas, estrategias y acciones ente los diversos actores involucrados, para el desarrollo de aspectos regulatorios, incentivos económicos, homologación de equipos y adopción de estándares, para una ordenada transición hacia la electromovilidad, la cual deberá ir acompañada de un sostenido incremento del aprovechamiento de fuentes renovables de energía. Esta revisión de las tecnologías de generación y eficiencia de energía renovable ha proporcionado información detallada y útil que se puede utilizar en la toma de decisiones de diferentes partes interesadas en el mercado en rápido desarrollo. Cada tecnología tiene ventajas y desventajas que varían según la ubicación, la disponibilidad, la capacidad tecnológica de los productores, las limitaciones financieras y las consideraciones ambientales. Cada municipio, región o país tiene diferentes condiciones iniciales que determinan la combinación energética que se puede producir al menor costo al tiempo que minimizan el daño causado al medio ambiente. Por lo tanto, no existe una solución única para cada necesidad y problema de energía, sino más bien una solución óptima específica de ubicación entre un conjunto de posibles soluciones renovables.

Referencias

1. Andersen, P.H., Mathews, J A., & Rask, M. (2009). Integración del transporte privado en la política de energías renovables: La estrategia de creación de redes de recarga inteligentes para vehículos eléctricos. *Política energética*, 37(7), 2481-2486.
2. Asif, M., & Muneer, T. (2007). El suministro de energía, su demanda y los problemas de seguridad para las economías desarrolladas y emergentes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1388-1413.
3. Benítez, L E., Benítez, P C., & Van Kooten, G C. (2008). La economía de la energía eólica con almacenamiento de energía. *Economía de la energía*, 30(4), 1973-1989.
4. Bhattacharyya, S.C. (2011). *Economía de la energía: conceptos, cuestiones, mercados y gobernanza*: Salmer.

5. Blanco, M I. (2009). La economía de la energía eólica. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6), 1372-1382.
6. Bodansky, D. (2005). Costos de Electricidad. *Energía nuclear: principios, prácticas y perspectivas*, 559-577.
7. BP. (2012). *BP Statistical Review of World Energy*.
8. Branker, K., Pathak, M., & Pearce, J. (2011). Una revisión de la energía solar fotovoltaica niveló el costo de la electricidad. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4470-4482.
9. Chamorro, C R., Mondéjar, M E., Ramos, R., Segovia, J J., Martín, M C., & Villamañán, M A. (2012). Estado mundial de la producción de energía geotérmica: Estudio energético, ambiental y económico de tecnologías de alta entalpía. *Energía*, 42(1), 10-18.
10. Christidis, A., Koch, C., Pottel, L., & Tsatsaronis, G. (2012). La contribución del almacenamiento de calor al funcionamiento rentable de las centrales combinadas de calor y electricidad en los mercados de electricidad liberalizados. *Energía*, 41(1), 75-82.
11. Connolly, D., Lund, H., Finn, P., Mathiesen, B V., & Leahy, M. (2011). Estrategias prácticas de operación para el almacenamiento de energía hidroeléctrica por bombeo (PHES) utilizando el arbitraje de precios de la electricidad. *Política energética*, 39(7), 4189-4196.
12. Crawford, R. (2009). Análisis de energía del ciclo de vida y emisiones de efecto invernadero de turbinas eólicas y el efecto del tamaño en el rendimiento energético. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2653-2660.
13. Deane, J P., Ó Gallachóir, B., & McKeogh, E. (2010). Revisión tecnoeconómica de la planta de almacenamiento de energía hidroeléctrica de bombeo existente y nueva. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1293-1302.
14. Depuru, S.S.S.R., Wang, L., & Devabhaktuni, V. (2011). Contadores inteligentes para la red eléctrica: desafíos, problemas, ventajas y estado. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2736-2742.
15. Devine Jr. (W. (1977). Análisis energético de un sistema de conversión de energía eólica para desplazamiento de combustible: Institute for Energy Analysis, Oak Ridge, TN (USA).

16. Edenhofer, O., Knopf, B., Barker, T., Baumstark, L., Bellevrat, E., Chateau, B., . . . Kypreos, S. (2010). La economía de la baja estabilización: comparación de modelos de estrategias de mitigación y costos. *The Energy Journal*, 31(1), 11-48.
17. Ehnberg, S., & Bollen, M.H. (2005). Fiabilidad de un pequeño sistema de energía que utiliza energía solar e hidroeléctrica. *Investigación de sistemas de energía eléctrica*, 74(1), 119-127.
18. Faruqui, A., Harris, D., & Hledik, R. (2010). Desbloqueando los 53.000 millones de euros de ahorro de los contadores inteligentes en la UE: cómo el aumento de la adopción de tarifas dinámicas podría hacer o deshacer la inversión en redes inteligentes de la UE. *Política energética*, 38(10), 6222-6231.
19. Faruqui, A., Hledik, R., Newell, S., & Pfeifenberger, H. (2007). El poder del 5%. *The Electricity Journal*, 20(8), 68-77.
20. Feltrin, A., & Freundlich, A. (2008). Consideraciones materiales para el despliegue a nivel de teravatios de la energía fotovoltaica. *Energía renovable*, 33(2), 180-185.
21. Ford, A. (1995). Los impactos del uso a gran escala de vehículos eléctricos en el sur de California. *Energía y edificios*, 22(3), 207-218.
22. Frankl, P., Masini, A., Gamberale, M., & Toccaceli, D. (1997). *Análisis simplificado del ciclo de vida de los sistemas fotovoltaicos en edificios: situación actual y tendencias futuras*: INSEAD, Centro para la Gestión de los Recursos Ambientales.
23. Frick, S., Kaltschmitt, M., & Schröder, G. (2010). Evaluación del ciclo de vida de plantas de energía binaria geotérmica utilizando reservorios mejorados de baja temperatura. *Energía*, 35(5), 2281-2294.
24. Fridleifsson, I.B., & Freeston, D.H. (1994). Investigación y desarrollo de energía geotérmica. *Geotermia*, 23(2), 175-214.
25. Frondel, M., Ritter, N., Schmidt, C.M., & Vance, C. (2010). Impactos económicos de la promoción de tecnologías de energía renovable: La experiencia alemana. *Política energética*, 38(8), 4048-4056.
26. Fthenakis, V., Mason, J.E., & Zweibel, K. (2009). La viabilidad técnica, geográfica y económica de la energía solar para satisfacer las necesidades energéticas de los Estados Unidos. *Política energética*, 37(2), 387-399.

27. Fthenakis, V.M., & Kim, H.C. (2007). Emisiones de gases de efecto invernadero de la energía solar eléctrica y nuclear: un estudio del ciclo de vida. *Política energética*, 35(4), 2549-2557.
28. Fthenakis, V.M., Kim, H.C., & Alsema, E. (2008). Emisiones de los ciclos de vida fotovoltaicos. *Ciencia y tecnología ambiental*, 42(6), 2168-2174.
29. Gagnon, L., & van de Vate, J.F. (1997). Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la energía hidroeléctrica: el estado de la investigación en 1996. *Política energética*, 25(1), 7-13.
30. Gevorkian, P. (2012). *Sistemas de energía solar a gran escala: construcción y economía*: Cambridge University Press.
31. Gipe, P. (1995). *La energía Wind alcanza la mayoría de edad* (Vol. 4): Wiley.
32. Gordon, J. (1987). Dimensionamiento óptimo de sistemas de energía solar fotovoltaica independientes. *Células solares*, 20(4), 295-313.
33. Haack, B.N. (1981). Análisis de energía neta de pequeños sistemas de conversión de energía eólica. *Energía aplicada*, 9(3), 193-200.
34. Hartway, R., Price, S., & Woo, C. (1999). Medidor inteligente, elección del cliente y opción rentable de tasa de tiempo de uso. *Energía*, 24(10), 895-903.
35. Hawkes, A., & Leach, M. (2007). Estrategia operativa rentable para calefacción y power microcombinados residenciales. *Energía*, 32(5), 711-723.
36. Heshmati A. (2014), "Demand, Customer Base-Line and Demand Response in the Electricity Market: A Survey", *Journal of Economics Surveys* 28(3).
37. Huo, M., Zhang, X., & He, J. (2011). Relación de causalidad entre el mercado fotovoltaico y su fabricación en China, Alemania, Estados Unidos y Japón. *Fronteras en energía*, 5(1), 43-48.
38. AIE. (2012a). *Energy Technology Perspectives 2012*: OECD Publishing.
39. AIE. (2012b). *Medium-Term Renewable Energy Market Report 2012*: OECD Publishing.
40. AIE. (2012c). *World Energy Outlook 2012*: OECD Publishing.
41. Ito, M., Kato, K., Komoto, K., Kichimi, T., & Kurokawa, K. (2008). Un estudio comparativo sobre el análisis de costos y ciclo de vida para sistemas fotovoltaicos a gran escala (VLS-PV) de 100 MW en desiertos utilizando módulos m-Si, a-Si, CdTe y CIS. *Progreso en fotovoltaica: investigación y aplicaciones*, 16(1), 17-30.

42. Jacobsson, S., & Bergek, A. (2004). Transformación del sector energético: la evolución de los sistemas tecnológicos en tecnología de energías renovables. *Cambio industrial y corporativo*, 13(5), 815-849.
43. Jäger-Waldau, A. (2006). Fotovoltaica europea en comparación mundial. *Revista de sólidos no cristalinos*, 352(9), 1922-1927.
44. Jansen, B., Binding, C., Sundstrom, O., & Gantenbein, D. (2010). *Arquitectura y comunicación de una central eléctrica virtual de vehículos eléctricos*. Ponencia presentada en el Smart Grid Communications (SmartGridComm), 2010 First IEEE International Conference on.
45. Kaldellis, J., Kapsali, M., & Kavadias, K. (2010). Análisis del balance energético de sistemas de almacenamiento hidráulico por bombeo eólico en redes eléctricas remotas de islas. *Energía aplicada*, 87(8), 2427-2437.
46. Kapsali, M., & Kaldellis, J. (2010). Combinando la generación de energía hidroeléctrica y eólica variable mediante almacenamiento por bombeo en términos económicamente viables. *Energía aplicada*, 87(11), 3475-3485.
47. Karnouskos, S., Terzidis, O., & Karnouskos, P. (2007). Una infraestructura de medición avanzada para las futuras redes *energéticas Nuevas Tecnologías, Movilidad y Seguridad* (pp. 597-606): Springer.
48. Kaya, E., Zarrouk, S.J., & O'Sullivan, M.J. (2011). Reinyección en campos geotérmicos: Una revisión de la experiencia mundial. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 47-68.
49. Kempton, W., & Letendre, S.E. (1997). Los vehículos eléctricos como nueva fuente de energía para los servicios eléctricos. *Investigación de Transporte Parte D: Transporte y Medio Ambiente*, 2(3), 157-175.
50. Kempton, W., & Tomić, J. (2005). Implementación de energía de vehículo a red: desde la estabilización de la red hasta el apoyo a la energía renovable a gran escala. *Revista de Fuentes de Energía*, 144(1), 280-294.
51. Kieny, C., Berseneff, B., Hadjsaid, N., Besanger, Y., & Maire, J. (2009). *Sobre el concepto y el interés de virtual Power plant: algunos resultados del proyecto europeo FENIX*. Ponencia presentada en la Reunión General de la Power & Energy Society, 2009. PES'09. IEEE.

52. Kiviluoma, J., & Meibom, P. (2010). Influencia de energía eólica, vehículos eléctricos enchufables y almacenamientos de calor en las inversiones en sistemas de energía. *Energía*, 35(3), 1244-1255.
53. Klaassen, G., Miketa, A., Larsen, K., & Sundqvist, T. (2005). El impacto de la I+D en la innovación para la energía eólica en Dinamarca, Alemania y el Reino Unido. *Economía Ecológica*, 54(2), 227-240.
54. Kolhe, M., Kolhe, S., & Joshi, J. (2002). Viabilidad económica del sistema solar fotovoltaico independiente en comparación con el sistema alimentado por diesel para la India. *Economía de la energía*, 24(2), 155-165.
55. Korpaas, M., Holen, A.T., & Hildrum, R. (2003). Operación y dimensionamiento de almacenamiento de energía para plantas de energía eólica en un sistema de mercado. *Revista Internacional de Energía Eléctrica y Sistemas de Energía*, 25(8), 599-606.
56. Krishnamurti, T., Schwartz, D., Davis, A., Fischhoff, B., de Bruin, W.B., Lave, L., & Wang, J. (2012). Preparación para las tecnologías de redes inteligentes: un enfoque de investigación de decisiones de comportamiento para comprender las expectativas de los consumidores sobre los medidores inteligentes. *Política energética*, 41, 790-797.
57. Kubiszewski, I., Cleveland, C.J., & Endres, P.K. (2010). Meta-análisis del retorno neto de energía para sistemas de energía eólica. *Energía renovable*, 35(1), 218-225.
58. Lehner, B., Czisch, G., & Vassolo, S. (2005). El impacto del cambio global en el potencial hidroeléctrico de Europa: un análisis basado en modelos. *Política de Energy*, 33(7), 839-855.
59. Lenzen, M., & Munksgaard, J. (2002). Análisis del ciclo de vida de las turbinas eólicas y de la energía y el CO₂: revisión y aplicaciones. *Energía renovable*, 26(3), 339-362.
60. Lenzen, M., & Wachsmann, U. (2004). Turbinas eólicas en Brasil y Alemania: ejemplo de variabilidad geográfica en la evaluación del ciclo de vida. *Energía aplicada*, 77(2), 119-130.
61. Liberman, E.J. (2003). Una evaluación del ciclo de vida y análisis económico de turbinas eólicas utilizando la simulación Monte Carlo: Documento DTIC.
62. Lin, G.T. (2011). La promoción y el desarrollo de la industria solar fotovoltaica: discusión de sus factores clave. *Distributed Generation & Alternative Energy Journal*, 26(4), 57-80.

63. Lund, H., & Kempton, W. (2008). Integración de las energías renovables en los sectores de transporte y electricidad a través de V2G. *Política energética*, 36(9), 3578-3587.
64. Lund, J.W., Freeston, D.H., & Boyd, T.L. (2005). Aplicación directa de la energía geotérmica: revisión mundial de 2005. *Geotermia*, 34(6), 691-727.
65. Maidment, G., & Tozer, R. (2002). Calor y energía de refrigeración combinados en supermercados. *Ingeniería térmica aplicada*, 22(6), 653-665.
66. Martinot, E., & Sawin, J. (2012). *Informe sobre el estado mundial de las energías renovables: actualización de 2012*.
67. McHenry, M.P. (2013). Consideraciones técnicas y de gobierno para la infraestructura de medición avanzada / medidores inteligentes: tecnología, seguridad, incertidumbre, costos, beneficios y riesgos. *Política energética*.
68. McKenna, E., Richardson, I., & Thomson, M. (2012). Datos de medidores inteligentes: equilibrar las preocupaciones de privacidad del consumidor con aplicaciones legítimas. *Política energética*, 41, 807-814.
69. Monteiro, C., Ramírez-Rosado, I.J., & Fernández-Jiménez, L.A. (2013). Modelo de pronóstico a corto plazo para la producción de energía eléctrica de pequeñas centrales hidroeléctricas. *Energía renovable*, 50, 387-394.
70. Murphy, H., & Niitsuma, H. (1999). Estrategias para compensar los mayores costos de la electricidad geotérmica con beneficios ambientales. *Geotermia*, 28(6), 693-711.
71. Nawaz, I., & Tiwari, G. (2006). Análisis de energía incorporada del sistema fotovoltaico (PV) basado en el nivel macro y micro. *Política energética*, 34(17), 3144-3152.
72. Ngô, C., & Natowitz, J. (2009). *Nuestro futuro energético: recursos, alternativas y medio ambiente* (Vol. 11): Wiley.
73. Nieuwenhout, F., Van Dijk, A., Lasschuit, P., Van Roekel, G., Van Dijk, V., Hirsch, D., . . . Wade, H. (2001). Experiencia con sistemas solares domésticos en países en desarrollo: una revisión. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 9(6), 455-474.
74. OCDE. (2010). *Costes proyectados de generación de electricidad 2010*: OECD Publishing.
75. Oliver, M., & Jackson, T. (1999). El mercado de la energía solar fotovoltaica. *Política energética*, 27(7), 371-385.
76. Ölz, S. (2011). Consideraciones de política de energía renovable para el despliegue de energías renovables.

77. Owen, A. D. (2004). Inseguridad en el suministro de petróleo: control versus costos de daños. *Política energética*, 32(16), 1879-1882.
78. Paish, O. (2002). Pequeña energía hidroeléctrica: tecnología y estado actual. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(6), 537-556.
79. Pudjianto, D., Ramsay, C., & Strbac, G. (2007). Integración de centrales eléctricas virtuales y sistemas de recursos energéticos distribuidos. *Generación de energía renovable, IET*, 1(1), 10-16.
80. Purkus, A., & Barth, V. (2011). Producción de energía geotérmica en futuros mercados de electricidad: un análisis de escenarios para Alemania. *Política energética*, 39(1), 349-357.
81. Raadal, H.L., Gagnon, L., Modahl, I.S., & Hanssen, O.J. (2011). Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del ciclo de vida de la generación de energía eólica e hidroeléctrica. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(7), 3417-3422.
82. Ragwitz, M., Schade, W., Breitschopf, B., Walz, R., Helfrich, N., Rathmann, M., . . . Haas, R. (2009). El impacto de la política de energía renovable en el crecimiento económico y el empleo en la Unión Europea. *Bruselas, Bélgica: Comisión Europea, DG Energía y Transportes*.
83. Raugei, M., & Frankl, P. (2009). Impactos del ciclo de vida y costos de los sistemas fotovoltaicos: Estado actual del arte y perspectivas future. *Energía*, 34(3), 392-399.
84. Ruiz, N., Cobelo, I., & Oyarzabal, J. (2009). Un modelo de control de carga directo para la gestión de centrales eléctricas virtuales. *Power Systems, IEEE Transactions on*, 24(2), 959-966.
85. Saner, D., Juraske, R., Kübert, M., Blum, P., Hellweg, S., & Bayer, P. (2010). ¿Es solo CO₂ lo que importa? Una perspectiva del ciclo de vida en sistemas geotérmicos poco profundos. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 1798-1813.
86. Sarver, T., Al-Qaraghuli, A., & Kazmerski, L.L. (2013). Una revisión comprensiva del impacto del polvo en el uso de la energía solar: historia, investigaciones, resultados, literatura y enfoques de mitigación. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 698-733.

87. Schleisner, L. (2000). Evaluación del ciclo de vida de un parque eólico y externalidades relacionadas. *Energía renovable*, 20(3), 279-288.
88. Schulz, C., Roder, G., & Kurrat, M. (2005). *Centrales eléctricas virtuales con microunidades combinadas de calor y energía*. Ponencia presentada en la Future Power Systems, 2005 International Conference on.
89. Shipley, M.A., Hampson, A., Hedman, M.B., Garland, P.W., & Bautista, P. (2008). Calor y energía combinados: Soluciones energéticas efectivas para un futuro sostenible: Laboratorio Nacional de Oak Ridge (ORNL).
90. Shum, K.L., & Watanabe, C. (2007). Estrategia de despliegue fotovoltaico en Japón y Estados Unidos: una evaluación institucional. *Política energética*, 35(2), 1186-1195.
91. Sinha, A. (1993). Modelización de la economía de los sistemas combinados de energía eólica/hidroeléctrica/diésel. *Conversión y gestión de la energía*, 34(7), 577-585.
92. Steenhof, P.A., & McInnis, B.C. (2008). Una comparación de tecnologías alternativas para descarbonizar el sector de transporte de pasajeros de Canadá. *Pronóstico tecnológico y cambio social*, 75(8), 1260-1278.
93. Stefansson, V. (2002). Costo de inversión para plantas de energía geotérmica. *Geotermia*, 31(2), 263272.
94. Sundararagavan, S., & Baker, E. (2012). Evaluación de tecnologías de almacenamiento de energía para la integración de la energía eólica. *Energía Solar*.
95. Ten Hoeve, J. E., & Jacobson, M. Z. (2012). Efectos curativos mundiales del accidente nuclear de Fukushima Daiichi. *Energía y Ciencias Ambientales*, 5(9), 8743-8757.
96. Tester, J.W. (2005). *Energía sostenible: elegir entre opciones*: The MIT Press.
97. Tomić, J., & Kempton, W. (2007). Uso de flotas de vehículos de accionamiento eléctrico para el soporte de la red. *Revista de Fuentes de Energía*, 168(2), 459-468.
98. Tremeac, B., & Meunier, F. (2009). Análisis del ciclo de vida de aerogeneradores de 4,5 MW y 250W. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 2104-2110.
99. Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Impactos ambientales de las tecnologías de energía solar. *Política energética*, 33(3), 289-296.
100. Vojdani, A. (2008). Integración inteligente. *Revista Power and Energy, IEEE*, 6(6), 71-79.

101. Wagner, H.-J., & Pick, E. (2004). Ratio de rendimiento energético y demanda de energía acumulada para convertidores de energía eólica. *Energía*, 29(12), 2289-2295.
102. Weiller, C. (2011). El vehículo eléctrico híbrido enchufable impacta en la demanda de electricidad por hora en los Estados Unidos. *Política energética*, 39(6), 3766-3778.
103. Wille-Hausmann, B., Erge, T., & Wittwer, C. (2010). Optimización descentralizada de la cogeneración en centrales virtuales. *Energía solar*, 84(4), 604-611.
104. Wirl, F. (1989). Expansión óptima de la capacidad de las centrales hidroeléctricas. *Economía de la energía*, 11(2), 133-136.
105. Yang, C.-J., & Jackson, R.B. (2011). Oportunidades y barreras para el almacenamiento de energía hidroeléctrica por bombeo en los Estados Unidos. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 839-844.
106. Usted, S., Træholt, C., & Poulsen, B. (2009). *Una planta de energía virtual basada en el mercado*. Ponencia presentada en la Clean Electrical Power, 2009 International Conference on.
107. Usted, S., Traholt, C., & Poulsen, B. (2009). *Un estudio sobre la capacidad de exportación de electricidad del sistema μ CHP con precio spot*. Ponencia presentada en la Reunión General de la Power & Energy Society, 2009. PES'09. IEEE.