



Asentamiento informal de Enkanini, Cabo Occidental (Sudáfrica)  
Fotografía: MrNovel/Shutterstock.com

## Soluciones solares: reducir la disparidad energética de los asentamientos sin conexión a la red

### La población urbana sin conexión a la red

El acceso a la electricidad es fundamental para el desarrollo sostenible y necesario para las tareas domésticas básicas<sup>1</sup>. La falta de electricidad puede obstaculizar la productividad, limitar las oportunidades de generación de ingresos e imposibilitar la mejora de las condiciones de vida. Casi 1.100 millones de personas en todo el mundo todavía viven sin electricidad, y otros 1.000 millones se conectan a redes eléctricas poco fiables e inestables<sup>2,3</sup>.

Pese a que en los últimos años se ha progresado ampliamente en relación con el aumento de la electrificación con conexión a la red en países como la India y Nigeria, las proyecciones indican que de aquí a 2030 aún podría haber casi 780 millones de personas sin conexión a la red<sup>2</sup>. Por tanto, se requieren enfoques novedosos y sostenibles sobre el suministro de electricidad que vayan más allá de las normas establecidas con vistas a alcanzar el Objetivo de

Desarrollo Sostenible consistente en garantizar para 2030 el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.

Las zonas rurales son las más necesitadas de soluciones energéticas independientes de la red, aunque también ha de reconocerse el problema de acceso a la electricidad a que hacen frente los residentes en las zonas urbanas. Aproximadamente el 48% de la población de los países en desarrollo vive en ciudades, una cifra que podría llegar al 63% de aquí a 2050<sup>4</sup>. Casi una cuarta parte de la población urbana reside en diversos tipos de asentamientos informales, y el porcentaje es mucho más alto en las ciudades de África, Asia y América Latina, que crecen con rapidez. La creciente demanda de infraestructura y servicios básicos —vivienda adecuada, agua potable y saneamiento, y energías asequibles y seguras como la electricidad— suele superar las capacidades de las ciudades para satisfacer las necesidades de todos sus habitantes.



La provisión de servicios básicos a los asentamientos urbanos ilegales representa un desafío notable que varía en función del modo en que el gobierno municipal determina quién tiene derecho al suministro de los servicios urbanos oficiales. En el caso del acceso a la electricidad, entre las dificultades cabe mencionar los derechos sobre la tierra, el reconocimiento de una ocupación legal por parte de las autoridades, la renuencia de las partes interesadas a tomar parte, el precio de los servicios, la rentabilidad de la inversión de los proveedores de electricidad, y la distancia a la red y otra infraestructura necesaria<sup>5</sup>.

Carecer de la propiedad jurídica del terreno donde se asienta una chabola o una casa puede hacer que se rechace la solicitud de conexión oficial al servicio eléctrico local o nacional<sup>6</sup>. Los proveedores de electricidad tienen dudas sobre la rentabilidad de prestar servicio a esas comunidades: primero, por la elevada tasa de impago de las obligaciones financieras; segundo, por el bajo índice de consumo eléctrico. Ambas cuestiones se relacionan con los ingresos bajos e inestables de los miembros de tales comunidades<sup>5,6</sup>.

El peligro de incendio representa una amenaza importante en los asentamientos informales, debido a la alta densidad de población, la proximidad de las estructuras y viviendas y el uso habitual de lámparas de keroseno o parafina, velas y otras fuentes de energía de llama abierta<sup>7,8</sup>. Esos riesgos y la contaminación del aire interior deberían

convencer a diversas partes interesadas de que es recomendable proveer a las comunidades de instalaciones eléctricas<sup>9-11</sup>. Sin embargo, una vez que se instalan algunas conexiones, con frecuencia aparecen numerosas conexiones ilegales y sobrecargadas que acarrearán riesgos considerables para la seguridad de los asentamientos informales, normalmente en forma de peligro de incendio, pero también de electrocución. Las encuestas realizadas en Sudáfrica indican que en algunos asentamientos informales más del 30% de la población utiliza una conexión ilegal como fuente de electricidad principal<sup>5</sup>.

Incluso cuando se establece una conexión a la red, el suministro de energía puede resultar poco fiable. En algunos países en desarrollo, hogares que disponen de conexiones a la red desde hace mucho tiempo deben adaptarse a apagones periódicos, para lo que han de programar el bombeo de agua y la recarga de baterías en los períodos en que el suministro es más fiable<sup>12</sup>. Incluso los países desarrollados sufren cortes, a veces totales cuando llega una tormenta intensa, pero también en forma de desprendimientos de carga —también denominados «deslastre de cargas» o «corte programado»— cuando otros fenómenos extremos, por ejemplo una ola de calor, sobrecargan el suministro<sup>13</sup>. Con demasiada frecuencia, los hogares de los países en desarrollo y desarrollados invierten en pequeños generadores diésel de respaldo que contaminan y emiten gases de efecto invernadero, sustancias nocivas y ruidos molestos<sup>12,13</sup>.



La Tierra de noche, 2016

Fotografía: Observatorio de la Tierra de la NASA/Centro Nacional de Datos Geofísicos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica



## La evolución de la energía solar fotovoltaica

Las organizaciones multilaterales, estatales y no gubernamentales promueven desde hace decenios los sistemas descentralizados de energía solar fotovoltaica en las zonas rurales inaccesibles, en especial para cubrir servicios públicos como la iluminación de las escuelas y los centros de salud, el intercambio de información y las comunicaciones, las estaciones de bombeo comunitarias y la refrigeración de las vacunas<sup>14,15</sup>. En la actualidad, esos sistemas pueden considerarse alternativas en cualquier parte de los países en desarrollo donde el Estado y el sector privado no son capaces de satisfacer las expectativas relativas a la ampliación y el mantenimiento de una red eléctrica, incluidos los asentamientos urbanos ilegales<sup>14</sup>.

En los últimos años, los pequeños sistemas de energía solar distribuidos se han popularizado en las comunidades de ingresos bajos de África y Asia, donde reside al menos el 95% de la población sin conexión a la red<sup>16-18</sup>. Esos sistemas van desde una sola lámpara a la que se incorpora un panel solar, una batería y un diodo emisor de luz (LED) hasta una pequeña unidad o sistema pico fotovoltaico con un panel, al menos una bombilla LED y una batería con tomas de carga USB para teléfonos móviles o incluso electrodomésticos de baja potencia<sup>3</sup>. Su precio oscila entre los 10 dólares de una lámpara solar hasta los 50 dólares de un sistema pico solar.

Estos productos de iluminación solar relativamente asequibles ofrecen un mayor rendimiento de la inversión, sobre todo cuando se compara su larga vida útil con el costo recurrente del keroseno o la parafina de las lámparas, las pilas secas de las linternas o las velas<sup>3,19</sup>. Otros sistemas solares domésticos de mayor potencia tienen características semejantes, si bien pueden utilizarse con varias luces a la vez y electrodomésticos relativamente más grandes de corriente continua, tales como radios, ventiladores, televisores o incluso refrigeradores.

En África Subsahariana, una gran parte de la población sin conexión a la red dedica entre el 10% y el 30% de los ingresos del hogar a la adquisición de keroseno. Allí y en Asia, la iluminación con keroseno cuesta a los pobres casi 15.700 millones de dólares anuales<sup>20,21</sup>. La sustitución de las lámparas de keroseno por lámparas solares reporta un ahorro importante a los hogares a lo largo de la vida útil de las lámparas solares y permite reducir notablemente el empleo de llamas abiertas en lámparas y velas, con lo que disminuyen la exposición a la contaminación del aire interior y el riesgo de incendio en los asentamientos informales<sup>11,21-23</sup>. Los sistemas pico fotovoltaicos y domésticos son ahora más atractivos que nunca para un conjunto más amplio de personas no conectadas a la red.

El descenso continuado de los precios de los componentes fotovoltaicos y el rápido avance de la tecnología resultan apreciables. El costo de las células solares de silicio cristalino se redujo un 85% entre 2008 y 2016, gracias a la mejora de la eficiencia en su fabricación y a las economías de escala<sup>21</sup>.

Los avances en la tecnología LED han aumentado su eficiencia, de manera que emiten más luz con el mismo consumo eléctrico. Las baterías de plomo-ácido, sumamente contaminantes, se están quedando obsoletas y dan paso a las baterías de iones de litio, que ofrecen un rendimiento mayor, tienen una mayor capacidad de almacenamiento de energía y una vida útil más larga, y se recargan más rápido y de forma más eficiente<sup>24</sup>. Pese a que las baterías son el componente más caro de los sistemas solares domésticos, el precio de las baterías de iones de litio cayó casi un 65% en cinco años, y se prevé que siga bajando debido a su uso generalizado en computadoras portátiles y otros dispositivos<sup>21</sup>.



Lámparas de keroseno con mecha fabricadas con latas recicladas

Fotografía cedida por Evan Mills

# Energía solar sin conexión a la red

## La población sin conexión a la red



## Energía solar fotovoltaica

Esos sistemas solares fotovoltaicos van desde una **lámpara solar**, una pequeña unidad o **sistema pico** capaz de alimentar como mínimo una bombilla, hasta un **sistema solar doméstico** con una batería de mayor capacidad capaz de alimentar varias luces LED y electrodomésticos de corriente continua.

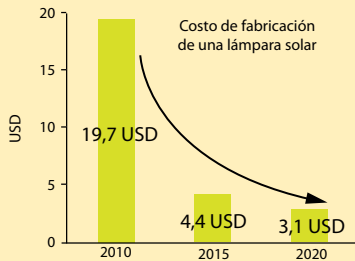
La **energía solar fotovoltaica** se está popularizando en las poblaciones sin conexión a la red de zonas tanto rurales como urbanas, sobre todo en África y Asia Meridional.

Se calcula que la población sin conexión a la red de África y Asia Meridional gasta anualmente **14.400 millones** y **6.600 millones de dólares**, respectivamente, en keroseno y lámparas, linternas y velas.

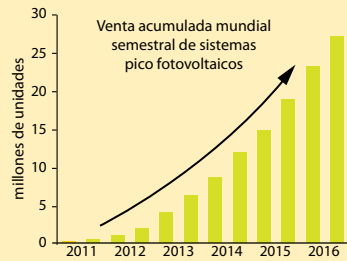
Las lámparas solares y los sistemas pico fotovoltaicos están sustituyendo a las **fuentes de iluminación tradicionales ineficientes**.



## Los precios caen



## Las ventas crecen

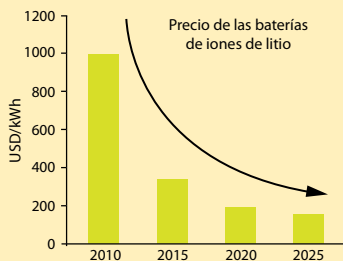


## Retos y oportunidades

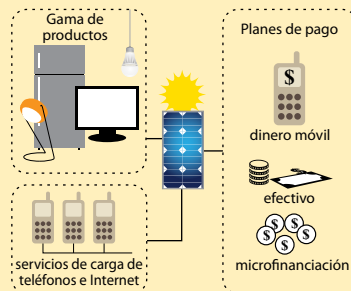
Disponer de **políticas racionales** y un objetivo claro sobre las energías renovables e impulsar la **tecnología** y la **innovación comercial** animaría a las comunidades que hoy carecen de conexión a la red a mantenerse en la **senda de la sostenibilidad** y las energías limpias.

Se prevé que los **desechos electrónicos** generados por los productos solares aumenten de manera exponencial en los próximos decenios. Así pues, será necesaria una gestión ambientalmente racional de los productos utilizados y, al mismo tiempo, oportunidades empresariales para los **mercados del reciclaje**.

## El costo de las baterías disminuye



## Modelos empresariales diversos



Los sistemas solares fotovoltaicos sin conexión a la red podrían generar **cientos de miles de puestos de trabajo** en toda la cadena de valor.

El PNUMA calcula que la transición a la iluminación eficiente sin conexión a la red creará **30 veces más** empleos que la iluminación basada en combustibles.

## Comercialización innovadora de la energía solar sin conexión a la red

Uno de los factores clave a la hora de llevar la electricidad solar al mercado de los asentamientos informales es la innovación en los modelos empresariales<sup>16, 25, 26</sup>. Aunque los precios minoristas de los sistemas pico y domésticos pueden resultar asequibles para algunas personas, aquellas que forman parte del segmento de población de ingresos más bajos sin conexión a la red no pueden hacer frente a la compra del equipo inicial. Muchas empresas pequeñas y emergentes están ofreciendo programas de financiación que ayudan a los consumidores a superar la barrera del costo inicial, con el propósito de obtener rentabilidad mediante la captación del gran volumen que proporciona este mercado<sup>16, 17, 19</sup>.

Varios de esos planes permiten que la gente abone los mismos importes modestos que pagaban por el keroseno. Con los sistemas de reparto de los pagos, los clientes abonan una pequeña cuota a cambio de un sistema de energía solar y posteriormente efectúan pagos diarios, semanales o mensuales. Si el cliente deja de pagar, el sistema se desactiva automáticamente; si abona todos los plazos, se hace con la propiedad del producto. Este sistema suele vincularse a los servicios de dinero móvil, que se han consolidado en varias regiones, por ejemplo en determinadas zonas de África Subsahariana<sup>17, 27</sup>.

Casi un tercio de la población urbana de la India reside en asentamientos informales<sup>28</sup>. Un estudio de este tipo de asentamientos en Delhi calculó que la renta mensual media se sitúa en tan solo 105 dólares (6.676 rupias indias) por habitante, de los cuales se gasta el 90%.<sup>29</sup> La mayor parte de las empresas ofrecen planes de financiación para dar servicio a la mayoría de las familias marginadas que llegan de las zonas rurales a los asentamientos informales de las ciudades de la India —que están creciendo con rapidez—.

Al carecer de una dirección oficial y llevar menos de diez años en su hogar, las familias no pueden acceder a los servicios de financiación tradicionales. Algunas empresas contratan a vecinos y vecinas de cada zona para ofrecer en los asentamientos informales, a domicilio, productos con condiciones de pago asequibles<sup>30</sup>. Por ejemplo, es posible adquirir una lámpara solar con un plan de pago de 5 a 8 semanas de duración. Otras empresas han ido más allá al establecer relaciones con instituciones de microfinanciación con vistas a ampliar las opciones de financiación para los consumidores con ingresos más bajos<sup>31</sup>.

En Sudáfrica, incluso después del programa de electrificación y vivienda posterior al *apartheid*, cerca de una cuarta parte de la población vive en asentamientos informales sin suministro eléctrico<sup>32</sup>. Un proyecto

▶ **Vídeo:** Por qué la energía solar se propaga con tanta rapidez en África



Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=tkvz0admz0>  
Fotografía: Gabriela Gemio Beltrán

© The Economist

Número estimado de abonados a servicios de telefonía móvil que carecen de conexión a la red



Fuente de los datos: Nique (2013)<sup>32</sup>



de sostenibilidad encabezado por la Universidad de Stellenbosch se propuso mejorar las condiciones de vida de los 4.500 habitantes de Enkanini, un asentamiento informal sin conexión a la red de la provincia de El Cabo Occidental<sup>33-35</sup>. Mediante el uso de tecnologías energéticamente eficientes se llevaron a cabo intervenciones como la reorientación de las viviendas a fin de optimizar su potencial solar pasivo, la mejora del aislamiento de las construcciones y la recogida de agua.

El proyecto gestionó una empresa de energía solar sin conexión a la red con la que se prestó servicio al asentamiento, con la expectativa de ampliarla por medio de un modelo de franquicia y llegar a otros asentamientos no conectados. Los residentes tienen la posibilidad de contratar, a cambio de una tarifa, una serie de sistemas solares domésticos: un panel solar, dos luces LED interiores, un televisor, un punto de luz externo y dispositivos para cargar teléfonos móviles. Los clientes pagan una cuota de instalación de 14 dólares (200 rands sudafricanos) y un arrendamiento mensual de 11 dólares (150 rands)<sup>33</sup>.

Una empresa puesta en marcha por el proyecto emplea a residentes del asentamiento y se ocupa de implantar y mantener el sistema. Este modelo empresarial ha sido adoptado recientemente por determinadas administraciones municipales para dar servicio a otros asentamientos informales de Sudáfrica<sup>36-38</sup>.

Los quioscos solares desplegados constituyen otra forma única de innovación empresarial que aprovecha la energía solar para brindar

 **Vídeo: Alta demanda: un quiosco solar en Rwanda**



Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=qbuklasonso>  
Fotografía cedida por Henri Nyakarundi/African Renewable Energy Distributor

© DW English

**Frecuencia y duración de los cortes de las redes eléctricas**  
(solo se muestran las regiones que superan el promedio mundial)

### Cortes de energía al mes

#### Promedio mundial



#### África Subsahariana



#### Oriente Medio y África del Norte



#### Asia Meridional



### Duración media de los cortes (en horas)



Fuente de los datos: Encuestas de Empresas del Banco Mundial, <http://www.enterprisesurveys.org>

servicio fuera de sus hogares a las comunidades sin conexión a la red. En un pequeño quiosco solar móvil se instalan unos cuantos paneles solares y una batería de iones de litio capaz de cargar simultáneamente de 10 a 80 teléfonos móviles (algunos incluso ofrecen wifi)<sup>39, 40</sup>. Los quioscos solares de mayor tamaño son fijos y están dotados de paneles solares en el tejado<sup>41</sup>. Funcionan como una tienda de comestibles, pero en su gama de artículos se encuentran productos solares, teléfonos móviles, consumibles, medicamentos y servicios de carga de dispositivos e Internet. Los quioscos solares se están propagando por África, donde 135 millones de abonados a servicios de telefonía móvil carecen de electricidad en el hogar<sup>42</sup>.



## Seguir el camino de las energías renovables

Un sistema pico fotovoltaico no es más que el primer paso para que una familia salga de la pobreza energética. Para suministrar electricidad a viviendas de entornos tanto rurales como periurbanos y urbanos, en un primer momento puede bastar con un sistema pequeño; no obstante, una vez que aumente su poder adquisitivo y los precios sigan bajando, sus moradores demandarán más capacidad. Así surgen una serie de oportunidades para seguir el camino de la energía solar, en lugar de recurrir de nuevo a los generadores alimentados con carbón y petróleo. En 2016, los combustibles fósiles representaban en torno al 80% de la generación de electricidad en África, y el 60% en Asia Meridional<sup>43, 44</sup>.

A fin de mantenerse en la senda de la sostenibilidad y promover soluciones basadas en energías renovables han de tenerse en cuenta diversos factores que influyen en la ampliación del mercado de la energía solar. Entre ellos, la necesidad de establecer normas de calidad, concienciar a los consumidores, prestar ayuda financiera, gestionar los desechos electrónicos y reorientar las políticas públicas<sup>17, 25</sup>.

En muchos países en desarrollo, los productos solares están disponibles desde hace años, si no decenios. Sin embargo, esos productos tenían una calidad baja o una vida útil reducida. La decisión de seguir utilizando la energía solar sin conexión a la red puede depender de la percepción que se tenga hoy de los productos

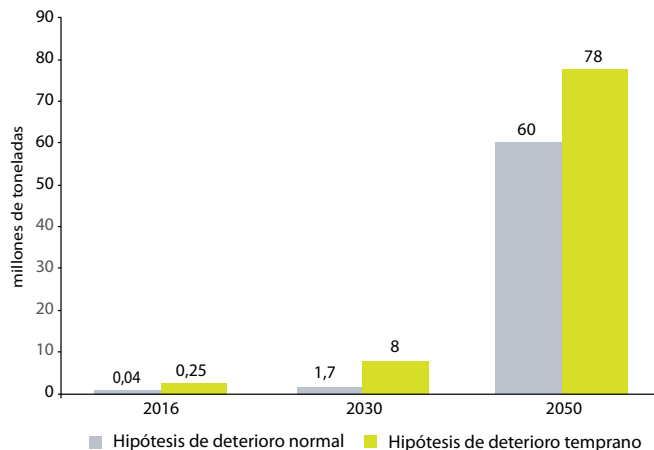
▶ **Vídeo: Energía solar para África de aquí a 2030**



Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=bb8su6oewyw>  
Fotografía: MrNovel/Shutterstock.com

© CGTN Africa

## Resumen de las proyecciones de desechos mundiales de paneles fotovoltaicos para el período 2016-2050



Fuente: Adaptado de IRENA y Programa de Sistemas de Energía Fotovoltaica de la AIE (2016)<sup>47</sup>

disponibles en el mercado. Las experiencias negativas con productos genéricos de calidad inferior podrían provocar que los posibles consumidores presentes y futuros se muestren menos receptivos. Dos vías concurrentes podrían ayudar a superar ese problema. Una consiste en fijar normas de calidad superior para los propios productos y garantías de devolución y reciclaje por parte de los proveedores de servicios. La segunda vía consiste en informar a los consumidores del nivel de calidad superior que ofrecen ahora como norma los productos, los servicios complementarios de la transacción y los propios planes de pago a plazos<sup>25</sup>.

La falta de capital circulante de las empresas, sobre todo de aquellas que ofrecen financiación al usuario final, puede limitar el desarrollo del mercado. En este sentido, pueden concebirse programas de apoyo que mitiguen tales dificultades, y los modelos empresariales innovadores que ya se están aplicando constituyen un buen ejemplo de las posibilidades existentes<sup>5, 16, 17, 25</sup>. La futura demanda de sistemas solares domésticos de mayor capacidad también contribuirá a ampliar los mercados y atraerá el interés comercial y la inversión de inversores privados, bancos de desarrollo y donantes. En 2016 se invirtieron como mínimo 60 millones de dólares en dos empresas de África que ofrecen sistemas solares domésticos más grandes y a un precio más elevado que los de los primeros operadores de los sistemas de reparto de los pagos<sup>45</sup>. Es probable que el objetivo de esas empresas solares sea crear un nuevo mercado de consumidores con rentas más altas, que quizá ya estén conectados a una red eléctrica poco fiable.



Otro reto lo plantean los desechos electrónicos generados por el volumen cada vez mayor de productos en uso. Las baterías de iones de litio, aunque se consideran menos tóxicas que las de plomo-ácido, pueden contaminar el medio ambiente debido a los diversos materiales químicos que contienen<sup>46</sup>. En la actualidad, pocos fabricantes facilitan piezas de recambio o reciclan las baterías cuando llegan al final de su vida útil<sup>47, 48</sup>. Los paneles de silicio cristalino son otro motivo de preocupación, pues también contienen sustancias tóxicas como el cadmio y el plomo. Si los clientes pudieran cambiar sus bienes de consumo por productos mejores mediante programas de devolución, aumentaría la viabilidad de los mercados de reciclaje y se reduciría el riesgo de contaminación. Hay que señalar también que muchos países donde los sistemas solares de menor tamaño se han popularizado quizá no cuenten con normativas sobre los desechos electrónicos dedicadas específicamente a los paneles solares<sup>47</sup>.

Entre los retos a que se enfrentan las intervenciones públicas se halla la incertidumbre sobre las posibles decisiones normativas futuras acerca de la electrificación sin conexión a la red en las estrategias y la implementación nacional, regional y municipal. Asimismo, en numerosos países se subvenciona desde hace mucho tiempo la adquisición de keroseno para aplacar el descontento de los ciudadanos por el incumplimiento de la promesa de facilitar acceso a una red eléctrica. Pese a que hay quien recomienda eliminar los subsidios al keroseno, otra opción sería que los clientes sin conexión pudieran solicitar subvenciones para la adquisición de sistemas de energía solar. Surge la pregunta de si esos subsidios deberían mantenerse al terminar de pagarlos. Por otra parte, algunas empresas de suministro de electricidad sin conexión proponen poner fin a las barreras fiscales y a la importación, tales como los aranceles de importación elevados y el impuesto sobre el valor añadido aplicado a los productos solares, que en ocasiones incrementan de manera considerable su precio<sup>19, 25</sup>.

Por último, el desarrollo de la capacidad también supone un reto más allá de la labor de concienciación de la ciudadanía. Las empresas y las comunidades requieren una fuerza de trabajo cualificada y competente que impulse el desarrollo del sector. Han de ofrecerse cursos de capacitación y programas de aprendizaje, sobre todo a los miembros de la comunidad local que conforma el mercado<sup>3, 25</sup>. En un futuro inmediato, los sistemas sin conexión propiciarán la creación de cientos de miles de puestos de trabajo en la cadena de valor y podrán constituir una vía de salida de la pobreza para quienes se formen en la instalación y el mantenimiento de los sistemas solares domésticos de mayor tamaño<sup>25, 49</sup>. Un estudio elaborado por el PNUMA Occidental calcula que probablemente la transición a la iluminación eficiente sin conexión a la red creará 30 veces más empleos que la iluminación basada en combustibles<sup>50</sup>.

Con políticas y normativas adecuadas sobre las energías renovables y una idea clara de las posibilidades que plantea el futuro, los sistemas actuales alimentados con energía solar distribuida podrían seguir siendo la energía preferida de las comunidades sin conexión a la red de las zonas rurales y urbanas. Podría tratarse de un componente fundamental de cara al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible consistentes en garantizar para 2030 el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna y en erradicar la pobreza.



Una mujer recibe capacitación del Barefoot College para la instalación, reparación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos en su hogar en Rajastán (India)

Fotografía: Knut-Erik Helle, con licencia CC BY-NC-ND 2.0



## Bibliografía

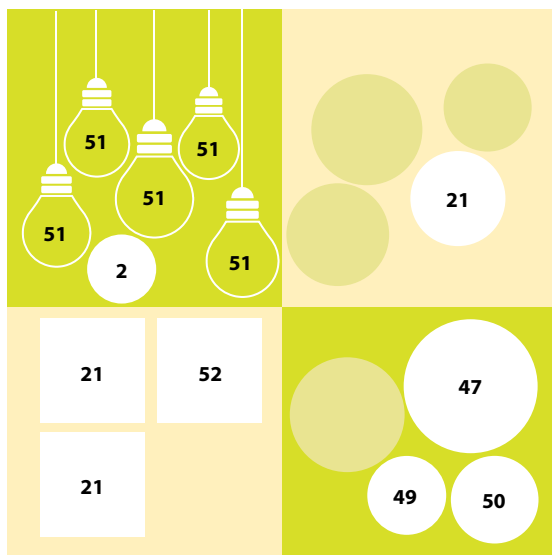
1. GEA (2012). *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, and the International Institute for Applied Systems Analysis, Luxembourg, Austria. [http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/Global\\_Energy\\_Assessment\\_FullReport.pdf](http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/Global_Energy_Assessment_FullReport.pdf)
2. International Energy Agency and the World Bank (2015). *Sustainable energy for all 2015—Progress toward sustainable energy*. The World Bank, Washington DC. <http://www.se4all.org/sites/default/files/GTF-2105-Full-Report.pdf>
3. UNEP (2015). *Developing effective off-grid lighting policy: Guidance note for governments in Africa*. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.enlighten-initiative.org/portals/0/documents/Resources/publications/OFG-publication-may-BDef.pdf>
4. UNDESA (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York. <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>
5. Gaunt, T., Salida, M., Macfarlane, R., Maboda, S., Reddy, Y. and Borchers, M. (2012). *Informal Electrification in South Africa: Experience, Opportunities and Challenges*. Sustainable Energy Africa, Cape Town. [http://www.cityenergy.org.za/uploads/resource\\_116.pdf](http://www.cityenergy.org.za/uploads/resource_116.pdf)
6. Reddy, Y. and Wolpe, P. (2015). *Tackling urban energy poverty in South Africa*. Sustainable Energy Africa, Cape Town. <http://www.sustainable.org.za/uploads/files/file72.pdf>
7. Kazerooni, Y., Gyedu, A., Burnham, G., Nwomeh, B., Charles, A., Mishra, B., Kuah, S.S., Kushner, A.L., Stewart, B.T. (2015). Fires in refugee and displaced persons settlements: The current situation and opportunities to improve fire prevention and control. *Burns*, 42, 1036-1046. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305417915003861>
8. Kimemeia, D.K., Vermaak, C., Pachauri, S. and Rhodes, B. (2014). Burns, scalds and poisonings from household energy use in South Africa: Are the energy poor at greater risk? *Energy for Sustainable Development*, 18, 1-8. [https://www.researchgate.net/publication/259519739\\_Burns\\_scalds\\_and\\_poisonings\\_from\\_household\\_energy\\_use\\_in\\_South\\_Africa\\_Are\\_the\\_energy\\_poor\\_at\\_greater\\_risk](https://www.researchgate.net/publication/259519739_Burns_scalds_and_poisonings_from_household_energy_use_in_South_Africa_Are_the_energy_poor_at_greater_risk)
9. Jacobson, A., Bond, T.C., Lam, N.L. and Hultman, N. (2013). *Black carbon and kerosene lighting: An opportunity for rapid action on climate change and clean energy for development*. Global Economy and Development Policy Paper 2013-03. The Brookings Institution, Washington DC [https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/04\\_climate\\_change\\_clean\\_energy\\_development\\_hultman.pdf](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/04_climate_change_clean_energy_development_hultman.pdf)
10. Lam, N.L., Smith, K.R., Gauthier, A. and Bates, M.N. (2012). Kerosene: A review of household uses and their hazards in low-and middle income countries. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, Critical Reviews*, 15(6), 396–432. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3664014/pdf/nihms447641.pdf>
11. Mills, E. (2016). Identifying and reducing the health and safety impacts of fuel-based lighting. *Energy for Sustainable Development*, 30, 30-59. [https://www.researchgate.net/publication/290975529\\_Identifying\\_and\\_reducing\\_the\\_health\\_and\\_safety\\_impacts\\_of\\_fuel-based\\_lighting](https://www.researchgate.net/publication/290975529_Identifying_and_reducing_the_health_and_safety_impacts_of_fuel-based_lighting)
12. Mukwaya, P.I. (2016). Urban Adaptation to Energy Insecurity in Uganda. *Current Urban Studies*, 4, 69-84. [https://file.scirp.org/pdf/CUS\\_2016032414011321.pdf](https://file.scirp.org/pdf/CUS_2016032414011321.pdf)
13. Ghanem, D.A., Mander, S. and Gough, C., 2016. "I think we need to get a better generator": Household resilience to disruption to power supply during storm events. *Energy Policy*, 92, pp.171-180.
14. Frame, D., Tembo, K., Dolan, M.J., Strachan, S.M. and Ault, G.W. (2011). A community based approach for sustainable off-grid PV systems in developing countries. In The Electrification of Transportation and the Grid of the Future, the report of the 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting, Detroit, MI, United States, 24-28 July 2011. [https://www.strath.ac.uk/media/departments/eee/cred/Conference\\_Paper.pdf](https://www.strath.ac.uk/media/departments/eee/cred/Conference_Paper.pdf)
15. UNDP (2004). *Solar Photovoltaics in Africa: Experiences with financing and delivery models-Lesson for the future*. Monitoring and evaluation report series, Issue 2. United Nations Development Programme, New York and Global Environment Facility, Washington DC. [http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/sustainable\\_energy/solar\\_photovoltaicsinafricaexperienceswithfinancinganddeliverymo.html](http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/sustainable_energy/solar_photovoltaicsinafricaexperienceswithfinancinganddeliverymo.html)
16. Nygaard, I., Hansen, U.E. and Larsen, T.H. (2016). The emerging market for pico-scale solar PV systems in Sub-Saharan Africa: From donor-supported niches toward market-based rural electrification. UNEP DTU Partnership, Copenhagen.
17. REN21 (2016). *Renewables 2016 Global Status Report*. REN21 Secretariat, Paris. <http://www.ren21.net/GSR-2016-Report-Full-report-EN>
18. UN-HABITAT (2016). *Urbanization and Development: Emerging Futures*. World Cities Report 2016. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi. <https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2014/03/WCR-%20Full-Report-2016.pdf>
19. Lysen, E.H. (2013). *Pico Solar PV Systems for Remote Homes: A new generation of small PV systems for lighting and communication*. Report IEA-PVPS T9-12: 2012. International Energy Agency, Paris. [http://iea-pvps.org/index.php?id=299&elD=dam\\_frontend\\_push&docID=1433](http://iea-pvps.org/index.php?id=299&elD=dam_frontend_push&docID=1433)
20. SolarAid (2013). *Facts about kerosene, solar and SolarAid*. SolarAid factsheet. <https://www.solar-aid.org/assets/Uploads/Publications/Facts-about-kerosene-solar-and-SolarAid.pdf>
21. BNEF and Lighting Global (2016). *Off-grid solar market trends report 2016*. Bloomberg New Energy Finance, New York and Lighting Global, Washington DC. [https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/4/2016/03/20160303\\_BNEF\\_WorldBankIFC\\_Off-GridSolarReport\\_.pdf](https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/4/2016/03/20160303_BNEF_WorldBankIFC_Off-GridSolarReport_.pdf)



22. UN-HABITAT (2009). Promoting Energy Access for the urban poor in Africa: Approaches and Challenges in Slum Electrification. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi. [http://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/8292\\_16690\\_GENUS%20AFRICA.EGM%20Final%20Report.pdf](http://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/8292_16690_GENUS%20AFRICA.EGM%20Final%20Report.pdf)
23. UN-HABITAT (2012). Enhanced Energy Access for Urban Poor Practice Casebook. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi. [http://www.avsi-usa.org/uploads/6/7/4/2/67429199/avsi\\_\\_\\_coelba3.pdf](http://www.avsi-usa.org/uploads/6/7/4/2/67429199/avsi___coelba3.pdf)
24. Phadke, A.A., Jacobson, A., Park, W.Y., Lee, G.R., Alstone, P. and Khare, A. (2015). Powering a Home with Just 25 Watts of Solar PV. Super-Efficient Appliances Can Enable Expanded Off-Grid Energy Service Using Small Solar Power Systems. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.
25. Diecker, J., Wheeldon, S., and Scott, A. (2016) Accelerating access to electricity in Africa with off-grid solar: Policies to expand the market for solar household solutions. Overseas Development Institute, London UK.
26. McKibben, B. (2017) The Race to Solar Power Africa. *The New Yorker*, 26 June 2017. <http://www.newyorker.com/magazine/2017/06/26/the-race-to-solar-power-africa>
27. IEA and World Bank (2015). Sustainable Energy for All 2015 – Progress Toward Sustainable Energy. World Bank, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22148>
28. Corrigan, G. and Di Battista, A. (2015). 19 charts that explain India's economic challenge. World Economic Forum website. <https://www.weforum.org/agenda/2015/11/19-charts-that-explain-indias-economic-challenge/>
29. PRIA (2014). Government led exclusion of the urban poor: A greater contribution though a lesser recipient. Delhi Study Report 2014. The Society for Participatory Research in Asia, Delhi. [https://terraurban.files.wordpress.com/2014/01/delhi-study\\_april-2014.pdf](https://terraurban.files.wordpress.com/2014/01/delhi-study_april-2014.pdf)
30. Pollinate Energy (2017). Pollinate Energy website. <https://pollinateenergy.org/>
31. Davidsen, A., Pallassana, K., Singh, J., Shiv, J., Walker, P., Parrish, S. and Sitsabeshan, S. (2015). The business case for off-grid energy in India. The Climate Group. <https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/The-business-case-for-offgrid-energy-in-India.pdf>
32. Department of Energy (2012). A survey of energy-related behaviour and perceptions in South Africa: The residential sector. Department of Energy, Government of the Republic of South Africa. <http://www.energy.gov.za/files/media/Pub/Survey%20of%20Energy%20related%20behaviour%20and%20perception%20in%20SA%20-%20Residential%20Sector%20-%202012.pdf>
33. Lemaire, X. and Kerr, D. (2014). The iShack Project in Enkanini, Stellenbosch, South Africa. Supporting Africa Municipalities in Sustainable Energy Transitions (SAMSET) website. <https://samsetproject.wordpress.com/2014/12/20/the-ishack-project-in-enkanini-stellenbosch-south-africa/>
34. SM and CORC (2012). Enkanini (Kayamandi) household enumeration report. Stellenbosch Municipality and Community Organisation Resource Centre. <http://sasdialliance.org.za/wp-content/uploads/docs/reports/Enumerations/Enkanini%20Final%20Report.pdf>
35. Wilde, S. (2015). iShack delivers power (and television) to the people. Mail & Guardian, 13 March 2015. <https://mg.co.za/article/2015-03-13-ishack-delivers-power-and-television-to-the-people>
36. Kovacic, Z., Smit, S., Musango, J.K., Brent, A.C. and Giampietro, M. (2016). Probing uncertainty levels of electrification in informal urban settlements: A case from South Africa. *Habitat International*, 56, 212-221. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397515302356>
37. Lemaire, X. and Kerr, D. (2016). Informal Settlements – Electrification and Urban Services. SAMSET Policy Brief. UCL Energy Institute, London.
38. Murugan, S. (2013). Solar energy lights up Ekurhuleni's informal settlements. Vuk'uzenzele, June 2013. <http://www.vukuzenzele.gov.za/solar-energy-lights-ekurhuleni-s-informal-settlements>
39. ARED (2017). Our solutions. African Renewable Energy Distributor. <http://www.a-r-e-d.com/>
40. Juabar (2017). Our design process. Juabar Design. <http://juabar.com/>
41. SOLARKIOSK (2017). One Solution—Various Purposes. SOLARKIOSK. <http://solarkiosk.eu/product/>
42. Nique, M. (2013). Sizing the opportunity of mobile to support energy and water access. GSMA, London. [https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2013/12/Sizing-the-Opportunity-of-Mobile\\_Nov-2013.pdf](https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2013/12/Sizing-the-Opportunity-of-Mobile_Nov-2013.pdf)
43. UNEP (2017). Atlas of Africa Energy Resources. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/20476>
44. Shukla, A.K., Sudhakar, K. and Baredar, P. (2016). Renewable energy resources in South Asian countries: Challenges, policy and recommendations. *Resource-Efficient Technologies*, 1-5. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405653716302299>
45. Bloomberg New Energy Finance (2017). 1Q 2017 Off-grid and mini-grid market outlook. *Climatescope 2016* website. <http://global-climatescope.org/en/off-grid-quarterly/q1-2017/>
46. Wang, X. (2014). Managing end-of-life lithium-ion batteries: An environmental and economic assessment. Thesis, Rochester Institute of Technology, New York. <http://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=9337&context=theses>
47. IRENA and IEA-PVPS (2016), "End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels," International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems. [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_IEAPVPS\\_End-of-Life\\_Solar\\_PV\\_Panels\\_2016.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf)

48. Industry Opinion on Lifecycle and Recycling (2014). The Global Off-Grid Lighting Association, Utrecht, [https://www.gogla.org/sites/default/files/recource\\_docs/gogla-industry-opinion-on-lifecycle-and-recycling1.pdf](https://www.gogla.org/sites/default/files/recource_docs/gogla-industry-opinion-on-lifecycle-and-recycling1.pdf)
49. Mills, E., 2016. Job creation and energy savings through a transition to modern off-grid lighting. *Energy for Sustainable Development*, 33, pp.155-166.
50. UNEP (2014). Light and livelihood: A bright outlook for employment in the transition from fuel-based lighting to electrical alternatives. United Nations Environment Programme, Nairobi. [http://www.ecreee.org/sites/default/files/light\\_and\\_livelihood\\_-\\_a\\_bright\\_outlook\\_for\\_employment.pdf](http://www.ecreee.org/sites/default/files/light_and_livelihood_-_a_bright_outlook_for_employment.pdf)

### Referencias bibliográficas de los gráficos



51. World Bank (2017). World Development Indicators. The World Bank, Washington DC. <http://databank.worldbank.org/data/>
52. GOGLA (2017). *Global off-grid solar market report July-December 2016: Semi-annual sales and impact data*. Global Off-Grid Lighting Association, Utrecht. [https://www.gogla.org/sites/default/files/recource\\_docs/final\\_sales-and-impact-report\\_h22016\\_full\\_public.pdf](https://www.gogla.org/sites/default/files/recource_docs/final_sales-and-impact-report_h22016_full_public.pdf)



