

Partenariado Público Privado para el desarrollo: la universalización de la energía

Miguel Chamochin¹

Voluntario de EsF

Ingeniero TIC y Energético por la UPM. MBA en la International University in Geneva

Desarrollo sostenible y acceso universal a la energía

Nada mejor que empezar este apartado con una **definición de sostenibilidad**, que fue consolidada en 1987 gracias al informe Brundtland, y que define la sostenibilidad como aquel **“desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades”**.

En este entorno global en el que vivimos, se están causando **desequilibrios** estructurales que **amenazan** el principio de **sostenibilidad**. La situación de pobreza energética genera uno de estos desequilibrios, que se acentúa además por la **desigualdad** y la **limitación al desarrollo**² que produce.

Goldman Sachs estima que en menos de 40 años, las economías BRIC juntas pueden alcanzar un PIB mayor que el de los países del G6³. El consiguiente **crecimiento de las clases medias, el aumento de su consumo y el impacto ambiental, producidos por la convergencia de los países emergentes conllevan un reto a la sostenibilidad**.

De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la **demanda energética** podría incrementarse en torno a un **32% para el periodo 2013-2040**⁴. La **mayor parte del crecimiento** se producirá en países **emergentes**.

La AIE también estima que cerca de 1.200 millones de personas, lo que representa aproximadamente un 17% de la población mundial, carecen de acceso a la

electricidad en 2013⁵. Más del 95% de estas personas viven en el África subsahariana o en Asia. La AIE indica también que en 2013, al menos **2.700 millones de personas** (38% de la población mundial), **no disponen de instalaciones de cocina** que cumplan unos mínimos estándares de seguridad y salubridad y que sean no contaminantes.

Según palabras del propio Secretario General de Naciones Unidas **Ban Ki-moon, “el desarrollo sostenible no es posible sin una energía sostenible”**. El Consejo Asesor en Energía y Cambio Climático del Secretario General de las Naciones Unidas, apoyó una mayor implicación de las Naciones Unidas para conseguir el acceso universal a servicios energéticos modernos en 2030.

En esta línea de actuación, se han sucedido los siguientes **eventos**:

¹ Agradecer la contribución a este artículo de Jose María Arraiza Cañedo-Argüelles, José Luis Trimiño, Mónica Oviedo Cespedes, Enrique Alcor Cabrerizo, Mariano Cabellos y Roque Bernadó Ibañez.

² María F. Gómez, Semida Silveira. Rural electrification of the Brazilian Amazon: achievements and lessons. Energy Policy 38 (10), 6251–6260, 2010.

³ Dominic Wilson, Roopa Purushothaman. Dreaming with BRICs: The Path to 2050. Global Economics. Paper nº 99. Goldman Sachs, 2003.

⁴ International Energy Agency. World Energy Outlook 2015. París: OECD/ IEA. 2015.

⁵ Ibid.

Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible



- Septiembre 2011: lanzamiento del **programa Energía Sostenible para Todos (SE4ALL)**, que tiene como meta lograr el acceso universal a la energía sostenible de aquí al 2030.
- Noviembre 2015: **aprobación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**. El objetivo séptimo (ODS 7) es el “asegurar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”. Dada la naturaleza transversal de este ODS, está facilitando la realización de los restantes ODS. Destacar también a efectos de este documento, los objeti-

vos “acción contra el clima”⁶ (ODS 13), y “**alianzas para lograr los objetivos**”⁷ (ODS 17).

- Diciembre de 2015: nuevo acuerdo climático en la **COP21 de París**.

La empresa energética y su involucración con el desarrollo sostenible

La **empresa es un importante actor dentro del desarrollo sostenible**, ya que el bienestar de la sociedad depende, por ejemplo, del respeto por parte de las empresas

del entorno natural, su obediencia de la ley, y la ayuda a las comunidades donde operan. Por ello, el concepto de sostenibilidad ha caído en empresas involucradas en la sostenibilidad, quienes además de alcanzar altos niveles de concienciación, incluyen planes estratégicos y políticas entorno al concepto del desarrollo sostenible.

En estas circunstancias, las compañías energéticas innovadoras están sufriendo una transformación. En primer lugar, están transitando de un concepto clásico y simplista de responsabilidad respecto al accionista (*shareholder*), a un concepto de colabora-

⁶ ODS 13: “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”.

⁷ ODS 17: “fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible”. Cuenta con la meta 17 de “alentar y promover la constitución de alianzas eficaces en las esferas pública, público-privada y de la sociedad civil, aprovechando la experiencia y las estrategias de obtención de recursos de las asociaciones”.

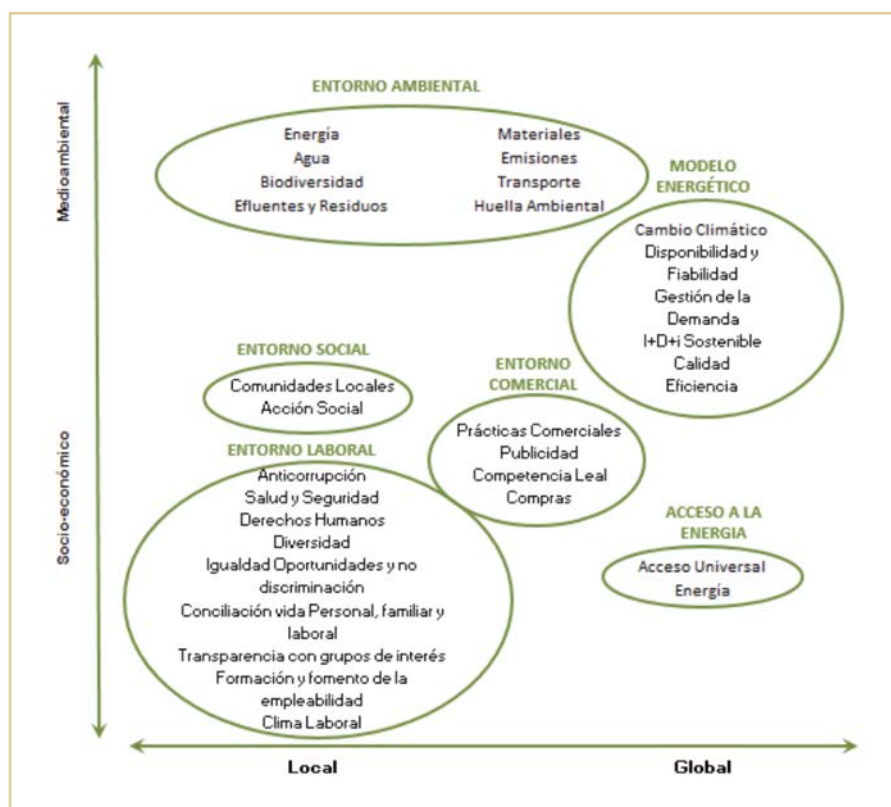
ción e interlocución con sus “grupos de interés” (*stakeholders*). En segundo lugar, se están centrando en sus agendas de sostenibilidad en los aspectos “materiales” que reflejan los efectos económicos, medioambientales y sociales significativos de la organización, o bien, que tienen un peso superlativo en las evaluaciones y decisiones de los “grupos de interés” (p.ej. sociedad, accionistas y comunidad financiera, equipo humano, clientes, proveedores, medios de comunicación, medioambiente, y organismos reguladores).

Por ello, los temas que aparecen en los análisis de materialidad de las empresas energéticas comprometidas con la sostenibilidad, y que preocupan también a las agendas de la comunidad internacional, incluyen aspectos tan importantes como el **“cambio climático”, y el “impacto en las comunidades locales”,** donde se destacan, **a efectos de este documento,** los aspectos relativos al **acceso universal de la energía, acción social, voluntariado y contratación local** (ver figura 2).

Las empresas energéticas españolas son conscientes de que están operando en un entorno cambiante donde los consumidores e inversores exigen prácticas sostenibles, que consideran los criterios ambientales, sociales y de gobierno (ESG). Se estima que un 50% de los mayores fondos de inversión del mundo han establecido en sus políticas de inversión requisitos extrafinancieros relacionados con el modelo de gobierno y de gestión de las empresas que mantienen en sus carteras de inversión.

La **iniciativa del Pacto Mundial de la ONU**⁸ ha implicado a muchas empresas

Figura 2. Algunos componentes de la sostenibilidad en las energéticas



para implementar principios universalmente aceptados en su **Responsabilidad Social Empresarial (RSE)**. El ODS 12⁹ en su meta 6 incluye un objetivo de “alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes”. La **sostenibilidad** se está convirtiendo en un criterio cada vez más relevante para evaluar el **desempeño empresarial**.

Hay que destacar la gran participación de las empresas energéticas españolas en las de normas de presentación de información o *reporting* (GRI, IIRC, SASB, UNGC COP) y los “índices” internacionales de sostenibilidad (Dow Jones Sustainability Indices DJSI, FTSE4Good, RobecoSam, CDP, Oekom Research).

En la búsqueda de soluciones para facilitar el desarrollo sostenible, **Michael Porter**¹⁰ señala que la manera de **crear impacto es a través de la escalabilidad**. El mo-

⁸ <http://www.pactomundial.org/global-compact/> (accedido 25.05.2016).

⁹ ODS 12: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”.

¹⁰ Michael Porter: Why business can be good at solving social problems, 2013.

delo actual **no impacta** en el desarrollo humano en la manera que se requiere, porque **no se dispone de los recursos** necesarios. Una forma en la que las **empresas privadas pueden aportar estos recursos**, es mediante la **creación de negocios específicos en la base de la pirámide¹¹, lo cual es aplicable al sector energético**. Estos **nuevos negocios**, amparados por **marcos sostenibles definidos por el sector público**, y basados en **criterios de rentabilidad, pueden movilizar** la contribución de las empresas privadas, e impactar en el desarrollo humano. **La contribución de las empresas privadas es**, por lo tanto, un elemento **fundamental**, ya que poseen las capacidades (innovación, humanas, técnicas, financieras, etc.) para el desarrollo de estos negocios, y puede ayudar a **proporcionar el acceso eléctrico a 1.200 millones de personas que carecen de electricidad**.

Alianzas público privadas para el desarrollo

La **Agenda de Acción de Addis Abeba¹²** (AAAA) es un acuerdo histórico que proporciona la base para implementar la Agenda de Desarrollo Sostenible. La AAAA **defi-**

ne un marco de financiación mundial para movilizar los recursos, la tecnología y las alianzas necesarias para garantizar el desarrollo sostenible. **La inversión en la infraestructura sostenible**, incluyendo el transporte, la energía, el agua y el saneamiento para todos, es una de las principales prioridades de la Agenda de Addis Abeba.

En la AAAA se enfatiza la necesidad de catalizar la movilización de recursos adicionales de fuentes privadas para lograr la Agenda de Financiación para el Desarrollo (*Financing for Development - FfD*) de las Naciones Unidas. Aunque tradicionalmente la Agenda de Desarrollo se ha basado en la financiación pública nacional (p.ej. ingresos fiscales) e internacional (p.ej. Ayuda Oficial al Desarrollo¹³ - AOD), se han incluido otras opciones de financiación privada tanto nacional (p.ej. ahorros privados) como internacional (comercio, remesas, Inversión Extranjera Directa - IED)¹⁴.

Muchas organizaciones de la sociedad civil han pasado de una visión tradicional de desconfianza hacia el sector privado (p.ej. provoca desigualdad, acapara riqueza, pone en peligro el futuro) a una nueva visión: “todos –y todas las organizaciones– tienen

que colaborar y cada uno tiene un rol”. Se converge a un consenso internacional de que los flujos privados tienen un impacto en el desarrollo, y que la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) permite alinear la actividad empresarial con la Agenda de Desarrollo.

La participación del sector privado en las políticas de cooperación tradicionales se ha canalizado con frecuencia a través de Alianzas Público-Privadas (PPP). Las organizaciones de la sociedad civil han realizado llamadas a la reflexión en el uso del modelo de PPP para la implementación del desarrollo¹⁵.

Los modelos de negocio tradicionales basados en la teoría del Servicio Público no han tenido éxito en la realización de grandes proyectos de electrificación en zonas rurales, en países en desarrollo o no desarrollados, donde la cooperación para el desarrollo cuenta con una gran complejidad técnica, económica, y social¹⁶.

Dentro del mundo de la **cooperación para el desarrollo**, han surgido nuevos modelos denominados 5Ps¹⁷ (*Pro-Poor Public Private Partnerships*). Se trata de **modelos colaborativos** en los que participan **múltiples ac-**

¹¹ En economía, la base de la pirámide es el grupo socio-económico más grande pero el más pobre. Allen Hammond, William J Kramer, Julia Tran, Rob Katz, Courtland Walker: The Next 4 Billion: Market Size and Business Strategy at the Base of the Pyramid. World Resources Institute., p. 164, ISBN 1-56973-625-1, 2014.

¹² Monitoring commitments and actions. Addis Ababa Action Agenda. Inaugural Report 2016. Inter-agency Task Force on Financing for Development, 2016.

¹³ La Ayuda Oficial al Desarrollo (AOD) es un flujo relativamente pequeño comparado con otros recursos financieros internacionales como la Inversión Extranjera Directa (IED) y el flujo originado por el comercio internacional.

¹⁴ Naciones Unidas. Informe del Comité Intergubernamental de Expertos en Financiación para el Desarrollo Sostenible. Nueva York, Naciones Unidas, 2015.

¹⁵ Department of Economic & Social Affairs. Public-Private Partnerships and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Fit for purpose?. Working Paper No. 148 ST/ESA/2016/DWP/148, 2016 en http://www.un.org/esa/desa/papers/2016/wp148_2016.pdf (accedido 14.05.2016).

¹⁶ World Bank. From gap to opportunity: Business models for scaling up energy access. International Finance Corporation. Washington DC, 2012.

¹⁷ Benjamin K. Sovacool. Expanding renewable Energy Access with pro-poor Public Private Partnerships in the developing world. Volume 1, Issue 3, pages 181–192. Elsevier, Energy Strategy Reviews. 2013.

tores¹⁸ (gobiernos, comunidades, empresas privadas, bancos multilaterales de desarrollo, bancos nacionales de desarrollo, ONGs, instituciones de microcréditos y *crowdfunding*, etc.).

Estas alianzas multi-actor se desarrollan con el objetivo de facilitar la provisión de servicios, como el acceso a la energía, a las comunidades más desfavorecidas, que son normalmente dejadas de lado por las PPP tradicionales, por los riesgos de negocio que entrañan los proyectos de provisión de acceso universal.

Las alianzas multi-actor consideran a las **personas que reciben el suministro**, no solo como consumidores que reciben el servicio, sino también **como participantes del negocio proporcionado por la empresa local que facilita el servicio**. La consecución de la universalización del acceso a la electricidad se focaliza así en la creación de empleo y en la reducción de la pobreza, favoreciendo finalmente la creación y el desarrollo de empresas locales.

La erradicación de la pobreza y la desigualdad son aspectos fundamentales de la Agenda de Desarrollo Sostenible, que fundamentan proyectos de pequeño tamaño al amparo de un marco global. Desafortunadamente, hay que avanzar todavía en la Agenda de Financiación para el Desarrollo (FfD), para crear los mecanismos que permitan hacer llegar la financiación a proyectos de pequeño tamaño. Actualmente los organismos internacionales proporcionan generalmente financiación para programas de gran tamaño, pidiendo unos

requisitos (garantía soberana del país, plan de negocio, cofinanciación, etc.) que los hacen inaplicables para el grueso de las ONGs.

A pesar de la necesidad de inversión privada para salvar la brecha del desarrollo, la financiación privada actualmente tan sólo constituye un pequeña parte de la inversión en infraestructura en el mundo en desarrollo. Según el Fondo Monetario Internacional¹⁹ (FMI), la inversión en infraestructura vía PPP sigue siendo inferior a la décima parte de la inversión pública en las economías avanzadas y menos de una cuarta parte de la inversión pública en los mercados emergentes y en desarrollo.

Ejemplo de alianza multi-actor: Empresa, Gobierno, Sociedad Civil y ONG

A continuación presento un **proyecto** que tuve el placer de gestionar con voluntarios de **Iberdrola y Energías sin Fronteras**²⁰ (EsF), en el intento de aportar un grano de arena a esta labor tan inmensa que con tanto cariño nos ocupa²¹.

El proyecto consiste en analizar en los lugares más inaccesibles de Brasil, la viabilidad técnico-económica de aplicar sistemas fotovoltaicos autónomos, y desarrollar un Modelo de Electrificación.

El proyecto encaja con los **objetivos de lucha contra la pobreza de Energías sin Fronteras (EsF) y la política de Sostenibilidad Empresarial de Iberdrola** en

su dimensión social y objetivo general de promoción del acceso universal mediante el uso de energías sostenibles.

A continuación se detallan los resultados del proyecto que se ha estructurado en dos partes: un proyecto de demostración en la comunidad rural de Abaré, y el desarrollo de un Modelo de Electrificación.

Proyecto de demostración en la comunidad rural de Abaré

Durante las **fases iniciales** del programa brasileño de universalización del acceso a la electricidad "**Luz para Todos**" (LpT), **la extensión de la red fue relativamente fácil** y un número significativo de personas se beneficiaron, pero **como la red llegó a sus límites físicos y económicos, la extensión de red se ha vuelto más difícil e incluso inviable en algunas áreas**. Por ello, **algunas comunidades rurales y zonas aisladas remotas no se han beneficiado igualmente del programa**, y todavía están a la espera del acceso a la electricidad. Un reto importante del programa es el de servir a las comunidades aisladas, especialmente los ubicados en la Amazonía.

Para facilitar la universalización del acceso, esta parte del proyecto estudia los sistemas **off-grid** (microrredes y SHS) **frente** a los **on-grid** (extensión de red), y compara un **escenario de servicio "sin tarifa social" (Fundación Iberdrola o Empresa Social)**, con un escenario de servicio "con tarifa social" (**distribuidora Coelba bajo**

¹⁸ United Nations Regional Comissions. Partnerships for Universal Access to Modern Energy Services. Nueva York: United Nations publications, 2013.

¹⁹ World Economic Outlook, p. 79, nota 9, FMI, Octubre 2014.

²⁰ Energía Sin Fronteras (EsF) es una ONG para el Desarrollo nacida en 2003 con el objetivo específico de llevar energía, agua y servicios de saneamiento a quienes no los tienen, en las zonas más desfavorecidas.

²¹ El documento del proyecto está disponible en la web de Energías sin Fronteras (EsF) en <http://energiasinfronteras.org/images/stories/20160127%20Modelo%20de%20Electrificaci%C3%B3n%20Rural%20FINAL%20LR.PDF> (accedido 15.09.2016).

el programa “Luz para Todos²²”). Bajo ciertos parámetros de entorno y consideraciones, se ha llegado a las siguientes **conclusiones**.

Si se analizan los términos de “**coste-eficacia**”, las redes a gran escala pueden entregar energía mucho más barata que las microrredes, debido a las enormes economías de escala a partir de la producción de energía y la transmisión centralizada. Sin embargo, en la medida que la distancia a la red se incrementa, el costo se eleva drásticamente. Esto representa una pérdida considerable tanto a la *utility* como a los clientes que se enfrentan a mayores costos de Transmisión y Distribución (T&D) en sus facturas mensuales a pagar por la extensión de la red. Desde el punto de vista económico, existe un punto de equilibrio en el que los rendimientos no son suficientes para justificar la extensión de la red, y en ese momento la generación *off-grid* se convierte en la opción más atractiva. Esta generación puede basarse en Microrredes o Sistemas de Energía para el Hogar (SHS).

Existe un “**punto de equilibrio**” entre la rentabilidad económica de las microrredes frente a los SHS. Este punto de equilibrio depende del coste de la tecnología de generación y los componentes de balanza de sistema (BOS)²³, la dispersión/densidad de población del lugar, los consumos y el número de domicilios a electrificar.

Desde el punto de vista de la “**distancia crítica para la extensión de red**”, se ha realizado un **análisis** para esta comunidad

del **punto de equilibrio entre la solución on-grid** (extensión de red) **y off-grid** (microrred y SHS). Se ha realizado también un **análisis** para esta comunidad del **punto de equilibrio** entre las **soluciones off-grid** (microrred y SHS) “**con tarifa social**”, es decir, **beneficiándose** de las **condiciones** facilitadas por el programa “**Luz para Todos**”, tanto para la subvención de la **tarifa social (subvención al consumo)**, como para la subvención del **CAPEX (subvención inversión)** en desarrollo de la infraestructura.

En base a estos cálculos la opción de extensión de red (*on-grid*) de estos 13 km para conectar la Comunidad Rural Aislada (CRA), es menos favorable económicamente que cualquiera de las opciones *off-grid* basadas en microrred o SHS. A partir de tan sólo 12 km de extensión de red, la opción de microrred tiene menos inversión (CAPEX) en vida útil que la extensión de red. A partir de tan sólo 5 km de extensión de red, la opción de SHS tiene menos inversión (CAPEX) en vida útil que la extensión de red. Pero si consideramos el total Ingresos menos los Costes (OPEX + CAPEX) durante la vida útil, este valor es más favorable para las soluciones técnicas *off-grid* frente a la *on-grid*, a cualquier distancia de extensión de la red. Esto se debe principalmente a los bajos consumos y dispersión existentes en las CRAs. Comentar que en el caso de esta CRA de Abaré no existe una especial complejidad en la orografía del terreno que penalice la extensión de red.

Se observa que existe un cierto compromiso en el coste de la microrred frente al del

SHS, donde por un lado la microrred se ve penalizada por el aumento de la dispersión y el número de domicilios, y por otro lado se ve favorecido por el aumento de los consumos.

Las conclusiones de este estudio se pueden aplicar a la “planificación de red”. Abaré posee ciertas categorías (escalabilidad, orografía, tipo de electrificación, dispersión, número de domicilios y consumos, demanda, distancia a red) que le pueden definir como “proxy” de otros estudios en el país, y como experiencia para una planificación multi-criterio.

Desde el punto de vista de “**financiación**”, la SHS minimiza los costes de inversión al inicio del proyecto en la etapa de mayor riesgo, frente a la microrred que efectúa la inversión más importante al inicio del proyecto. Sin embargo, los costes acumulados de inversión de la SHS frente a la microrred, son más elevados a los 10 años de la puesta en marcha.

Por otro lado, si se analiza los aspectos de “**diseño y la construcción**”, la extensión de redes diseña y construye los equipos y materiales para soportar un “incremento futuro” de demanda, ya que la sustitución de dichos equipos y materiales es muy costosa. Sin embargo, en el caso de los sistemas pico, SHS y microrredes la instalación del sistema se puede realizar más “ajustada a la demanda actual”. Con esto, no sería necesario proyectar la demanda a 20 años y llevar al usuario a pagar una tarifa mayor por una capacidad instalada que no se uti-

²² Luz para Todos (LpT) se ha convertido en el programa de universalización más exitoso de la región, que permitido que Brasil pueda alcanzar el acceso universal en los próximos años.

²³ El Balance del Sistema (BOS) representa todos los componentes y los costes con excepción de los módulos fotovoltaicos. Supone aproximadamente un 65% de la inversión total inicial para la solución técnica basada en microrredes “sin tarifa social”. Este valor se sitúa en un 73% y un 75% de la inversión total inicial para la solución técnica basada en microrredes y extensión de red respectivamente.

Figura 3. Resultado económico “sin tarifa social”

	Microrredes	Solar Home System (SHS)
INVERSIÓN (CAPEX) sin subvención		
Conexión a la red general		
Generación Fotovoltaica	23.679 €	12.192 €
Convertidor-Regulador con ampliaciones	24.441 €	41.861 €
Baterías	23.313 €	111.959 €
Red de distribución - Balance of Service BoS	355.292 €	0 €
Escalado para seguir consumo año 6 y año 11	121.983 €	443.549 €
Total Inversión (CAPEX) en vida útil	548.707 €	609.561 €
COSTES OPERATIVOS (OPEX)		
Operación y Mantenimiento (O&M)	234.132 €	50.856 €
Reposición de equipos	56.750 €	220.883 €
Energía adquirida	0 €	0 €
Otros costes	41.500 €	74.702 €
Total Costes Operativos (OPEX) en vida útil	332.382 €	346.441 €
TOTAL COSTES (CAPEX + OPEX) en vida útil	881.090 €	956.002 €
INGRESOS		
Por aplicación de la tarifa (pagado por beneficiario)	637.736 €	637.736 €
Por subvención al consumo (pagado por el estado)	0 €	0 €
Por subvenciones inversión (pagado por el estado)	0 €	0 €
Por cuota inicial de enganche (pagado por el beneficiario)	1.394 €	1.394 €
TOTAL INGRESOS en vida útil	639.129 €	639.129 €
INDICADORES en vida útil		
Energía vendida (kwh)	885.218	885.218
Total Costes/Energía vendida (€/kwh), LCOE sin restar subvención	0,995	1,080
Total Ingresos/Energía vendida (€/kwh), Ingreso Medio de la Energía	0,722	0,722
Total (Ingresos - Costes) (€)	-241.960 €	-316.873 €
Total [(Ingresos/Energía vendida) - (Costes/Energía vendida)] (€/kwh)	-0,273	-0,358

CONSIDERACIONES

Subvención inversión (CAPEX): 0%
 Gastos energéticos sustitutos casas: 7 €/mes
 Tarifa Total (tarifa + subvención consumo):

- Casas 11,58 kWh/mes 0,604491 €/kWh sub 0%
- Casas 30,78 kWh/mes 0,604491 €/kWh sub 0%
- Casas 58,05 kWh/mes 0,604491 €/kWh sub 0%
- Escuela 216 kWh/mes 0,604491 €/kWh sub 0%
- C. Salud 325 kWh/mes 0,604491 €/kWh sub 0%

Cuota de enganche:

- Casas: 10 €
- Escuela: 186 €
- Centro de Salud: 280 €

Punto de equilibrio

- Microrredes: año 12
- SHS: año 15

Morosidad: 5%
 IPC anual precio kWh: 1,5%
 Inflación Coste Materiales: 5,6%
 Inc. anual gastos explotación (años 1-5): 4%
 Inc. anual gastos explotación (años 6-20): 1%

RESULTADO

Apalancamiento 20/80

Microrredes: VAN de FC disp. inv. (20 años) 719 € y TIR = 8,8% Fondos Propios 93.645 € WACC 8,7% Tesorería (año 11): -14.662 €
SHS: VAN de FC disp. inv. (20 años) 218 € y TIR = 8,5% Fondos Propios 48.143 € WACC 8,5% Tesorería (año 11 -14): -936.031 €

liza. En muchos casos de utilización de los sistemas SHS y microrredes, este aumento requiere tan sólo instalar equipos complementarios y, en otros casos, la sustitución parcial de los mismos. Esta modularidad permite que tanto la inversión como el gasto se ajusten a las necesidades reales de cada momento. El coste de desinstalación y reinstalación de los sistemas pico y SHS es reducido, comparado con la extensión de redes. Esto permite que a una casa que cuenta con una instalación de sistemas pico o SHS, cuando llegue la red eléctrica, se puedan desinstalar los equipos y llevar a otra casa sin electrificar. En el caso de las

microrredes, realizando una correcta planificación de red, se puede contemplar el escenario de diseñar la red de distribución local para soportar la extensión de red. Así, cuando llegue la extensión de red, se puede continuar con la instalación y vender la energía producida a la red.

Si se analizan aspectos de **“fomento de uso productivo”**, las microrredes pueden servir mejor como palanca de desarrollo comunitario. La configuración de la microrred puede contar con periodos de generación superiores al consumo. Esta energía se puede aprovechar instalando servicios

adicionales para la comunidad (recarga de móviles y baterías, bombeos FV, y otros usos productivos) que abaratan el “Coste Normalizado de la Energía” (LCOE) para la solución tecnología basada en la microrred, e impulsan el desarrollo comunitario.

La electrificación *off-grid* presenta las ventajas propias de la **“descentralización y abastecimiento”**. Por un lado aumenta la resiliencia de las comunidades durante eventos naturales como tormentas (independencia energética y almacenamiento). Además evita el coste asociado a los cortes de servicio (emergencias, salud y seguridad

pública). También reduce la tensión tanto en el sistema de distribución, como en el sistema de transmisión en el momento de pico. Permite también evitar o aplazar la construcción de redes de Transmisión y Distribución (T&D). Finalmente reduce las pérdidas energéticas de los sistemas, como el producido sobre las redes de transmisión.

En la figura 3 se muestran los detalles económicos del escenario de servicio “sin tarifa social”, que se aplica a la Fundación Iberdrola o a una Empresa Social. Este escenario no hace uso, por lo tanto, de las condiciones facilitadas por el programa “Luz para Todos”, tanto para la subvención de la tarifa social (subvención al consumo), como para la subvención del CAPEX (subvención inversión). El cálculo de la tarifa se basa en el gasto energético mensual que se realiza en una casa de la comunidad (velas y queroseno principalmente), y que sería sustituido por el uso de energía eléctrica. Esta información proviene del diálogo con la población, y asciende a 7 €/mes. Se ha añadido también una cuota de enganche. Finalmente se ha considerado una vida útil de 20 años, y se han realizado ciertas consideraciones de apalancamiento financiero, morosidad, IPC anual sobre precio kWh, inflación coste de materiales e incremento anual de gastos de explotación similares a la de la figura 4 (“con tarifa social”).

Se puede observar en esta figura 3, la comparación entre las soluciones *off-grid*²⁴ (microrred y SHS) en el escenario de servicio “sin tarifa social”. En ella se reflejan los gastos de CAPEX y OPEX, así como los ingresos por la aplicación de la tarifa y la cuota inicial de enganche. Como se puede comprobar,

no existe subvención ni al consumo, ni a la inversión. En el último apartado de esta tabla, se indican ciertos indicadores como la energía vendida (kWh), LCOE e ingreso medio de la energía.

En la **figura 4** se muestran los detalles económicos del escenario de servicio “**con tarifa social**”, que se aplica a la **distribuidora Coelba**²⁵. Por ello, en este escenario **se aplican las condiciones** del programa “**Luz para Todos**”, que subvenciona un **85% el CAPEX (subvención inversión)** y proporciona una tarifa social a nuestros usuarios domiciliarios, que varía entre el **65% y 45% dependiendo del consumo (subvención al consumo)**. En este escenario **no existe cuota de enganche**. Finalmente, decir que se ha **considerado** una vida útil de 20 años, y se han realizado ciertas consideraciones de apalancamiento financiero, morosidad, IPC anual sobre precio kWh, inflación coste de materiales e incremento anual de gastos de explotación similares a la de la Ilustración 3 (“sin tarifa social”).

Se puede observar en esta figura 4, la comparación entre las soluciones *off-grid* (microrredes y SHS) frente a la *on-grid* (extensión de red). En ella se reflejan los gastos de CAPEX y OPEX²⁶, así como los ingresos por la aplicación de la tarifa social y la subvención al consumo y a la inversión, al amparo ambos del programa “Luz para Todos”.

En el caso particular de Abaré, en el escenario de servicio “sin tarifa social” y con las consideraciones establecidas, las microrredes es la opción “económicamente” más viable frente a la SHS y la extensión

de red (13 km para conectar la CRA), y la que menos coste de inversión (548.707€) y pérdida tiene (-241.960€), por lo que en el resultado puramente económico es más rentable. Como se observa en la Ilustración 3, con un WACC ≈ TIR 8,8 %, se alcanza el punto de equilibrio en el año 12.

En el escenario de servicio “con tarifa social”, la SHS es la opción económicamente más viable frente a las microrredes y la extensión de red (13 km para conectar la CRA), aunque su coste de inversión sería mayor que el de la microrredes “sin tarifa social” (609.561 €), tiene mayor pérdida (-270.822€), TIR negativa, y no alcanza el punto de equilibrio (ver figura 4).

En la consideración particular de los aspectos socio-económicos, culturales, geográficos, legales, políticos, tecnológicos, y medioambientales, la opción de “Microrredes” es la propuesta más viable para Abaré.

Esto no significa que para todos los casos la solución basada en microrred sea más beneficiosa económicamente que la solución basada en SHS. En la comparación de los costes de SHS frente a microrred hay que tener en cuenta: el coste de la tecnología de generación, los componentes de balanza de sistema (BOS), la dispersión/densidad de población del lugar, los consumos y el número de domicilios a electrificar entre otros factores. El coste de la microrred frente al del SHS, se ve penalizado por el aumento de la dispersión y el número de domicilios, y se ve favorecido por el aumento de los consumos (ej. escuela, centro de salud, centro comunal, actividad comercial y centro productivo). Por lo que se requiere

²⁴ La extensión de red no es viable en este escenario.

²⁵ Coelba es una distribuidora de Neoenergía que opera en el estado brasileño de Bahía. Iberdrola posee participación en Neoenergía.

²⁶ Destacar en los Costes Operativos (OPEX) la compra de la energía por parte de la distribuidora en la solución de extensión de red.

Figura 4. Resultado económico “con tarifa social”

	Microrredes	Solar Home System (SHS)	Extensión de red	CONSIDERACIONES
INVERSIÓN (CAPEX) sin subvención				
Conexión a la red general			184.486 €	
Generación Fotovoltaica	23.679 €	12.192 €		
Convertidor-Regulador con ampliaciones	24.441 €	41.861 €		
Baterías	23.313 €	111.959 €		
Red de distribución - Balance of Service BoS	508.904 €	0 €	540.259 €	
Escalado para seguir consumo año 6 y año 11	121.983 €	443.549 €	0 €	
Total Inversión (CAPEX) en vida útil	702.319 €	609.561 €	724.745 €	
COSTES OPERATIVOS (OPEX)				
Operación y Mantenimiento (O&M)	313.372 €	50.856 €	373.856 €	
Reposición de equipos	56.750 €	220.883 €	0 €	
Energía adquirida	0 €	0 €	64.862 €	
Otros costes	41.500 €	74.702 €		
Total Costes Operativos (OPEX) en vida útil	411.622 €	346.441 €	438.719 €	
TOTAL COSTES (CAPEX + OPEX) en vida útil	1.113.942 €	956.002 €	1.163.464 €	
INGRESOS				
Por aplicación de la tarifa (pagado por beneficiario)	104.690 €	104.690 €	104.690 €	
Por subvención al consumo (pagado por el estado)	62.363 €	62.363 €	62.363 €	
Por subvenciones inversión (pagado por el estado)	596.972 €	518.127 €	616.033 €	
Por cuota inicial de enganche (pagado por el beneficiario)	0 €	0 €	0 €	
TOTAL INGRESOS	764.025 €	685.180 €	783.086 €	
INDICADORES en vida útil				
Energía vendida (kwh)	885.218	885.218	885.218	
Total Costes/Energía vendida (€/kwh), LCOE sin restar subvención	1,258	1,080	1,314	
Total Ingresos/Energía vendida (€/kwh), Ingreso Medio de la Energía	0,863	0,774	0,885	
Total (Ingresos - Costes) (€)	-349.917 €	-270.822 €	-380.377 €	
Total [(Ingresos/Energía vendida) - (Costes/Energía vendida)] (€/kwh)	-0,395	-0,306	-0,430	

RESULTADO	
Apalancamiento 20/80 WACC 14.4%	
Microrredes: VAN de FC disp. inv. (20 años) -55.766 € y TIR < 0	Fondos Propios 18.655 €
SHS: VAN de FC disp. inv. (20 años) -24.039 € y TIR = -5%	Fondos Propios 7.211 €
Ext. Red: VAN de FC disp. inv. (20 años) -67.622 € y TIR < 0	Fondos Propios 21.742 €

CONSIDERACIONES	
Subvención inversión (CAPEX): 85%	
Tarifa Total (tarifa + subvención consumo):	
<ul style="list-style-type: none"> Casas 11,58 kWh/mes 0,112977 €/kWh sub 65 % Casas 30,78 kWh/mes 0,193675 €/kWh sub 65 % Casas 58,05 kWh/mes 0,153739 €/kWh sub 40 % Escuela 216 kWh/mes 0,158309 €/kWh sub 0 % C.Salud 325 kWh/mes 0,158309 €/kWh sub 0 % 	
Cuota de enganche:	
<ul style="list-style-type: none"> Casas: 0 € Escuela: 0 € Centro de Salud: 0 € 	
Punto de equilibrio	
<ul style="list-style-type: none"> Microrredes: NO SHS: NO Ext. Red: NO 	
Morosidad: 5%	
IPC anual precio kWh: 1,5%	
Inflación Coste Materiales: 5,6%	
Inc. anual gastos explotación (años 1-5): 4%	
Inc. anual gastos explotación (años 6-20): 1%	

un análisis caso por caso, ya que dependiendo de estos parámetros la SHS puede ser económicamente mejor que la micro-red, y viceversa.

Los programas de universalización del acceso en zonas rurales aisladas en países en desarrollo necesitan de modelos multi-actor. Estos programas requieren el apoyo económico, técnico y social del regulador, empresa privada, sociedad civil y centros tecnológicos locales, que permitan diseñar, validar y escalar la electrificación de zonas rurales aisladas, y facilitar la creación de políticas y programas adecuados. Los pro-

gramas de demostración permiten avanzar en el desarrollo de una estructura de gestión, tecnológica y económica, que facilite la optimización de costes y subvenciones, y finalmente permita la viabilidad de estos modelos. Estos modelos han demostrado ser sostenibles, escalables y replicables tras periodos de demostración.

Desarrollo de un modelo de electrificación

El Modelo de Electrificación propuesto²⁷ permite estructurar mediante una metodología cómo realizar la prestación del servicio

de electrificación o un producto/servicio asociado. Facilita un enfoque estructurado que, considerando la adecuación, participación y apropiación local, ayuda a garantizar la sostenibilidad, escalabilidad y replicabilidad de las actuaciones orientadas a la universalización del acceso a la energía.

La metodología busca definir qué se quiere realizar y cómo articular adecuadamente la actuación, para impactar positivamente en la comunidad. Por ello la primera labor a realizar en el modelo de electrificación es conocer el **usuario** (contexto, necesidades, tareas diarias, proble-

²⁷ El Modelo de Electrificación propuesto y la modelización de los dos casos de estudio (Fundación y Unidad de Negocio) está disponible en la web de Energías sin Fronteras (EsF) en <http://energiasinfronteras.org/images/stories/20160127%20Modelo%20de%20Electrificaci%C3%B3n%20Rural%20FINAL%20LR.PDF> (accedido 15.09.2016).

Figura 5. Plantilla del Modelo de Electrificación para una organización



mática, expectativas). Para ello se hace uso de **métodos participativos**.

Posteriormente se define la **misión, visión** y **valores** de la organización, así como su **propuesta de valor** y **tres pilares** fundamentales de **gestión, económico y tecnológico** para orquestar la actuación de la organización. Estos **tres pilares están interrelacionados y detallan el funcionamiento de la organización (ver figura 5)**.

Para ello se especifica en la metodología una **serie de componentes**, (ej. actividades principales, recursos clave, agentes importantes), **requisitos** (ej. participación comunita-

ria, mano de obra local, apropiación), y **consideraciones** (modelos existentes, tipos de cobro, modalidad de tarifas) **que ayudan en la definición de estos pilares y las relaciones con los distintos agentes**.

El proceso facilita el planteamiento de **hipótesis sobre el producto/servicio, identificando los elementos y actividades** que lo determinan, y garantizando su sostenibilidad. En este sentido, este **proceso iterativo** contribuye a la **definición de nuevos productos, servicios o procesos**, y en definitiva apoya a la **innovación inversa**²⁸, que utiliza el **conocimiento adquirido en los modelos de negocio específicos para la base de la pirámide**

de países no desarrollados o en vías de desarrollo, en modelos de negocio en países desarrollados.

Para clarificar el modelo se acompaña de dos casos de estudio: una Fundación y una Unidad de Negocio.

La prestación del servicio de electrificación, o un producto/servicio asociado, para la base de la pirámide en países no desarrollados, requiere de metodologías adecuadas a estos entornos que faciliten un enfoque estructurado, para optimizar las operaciones, reducir riesgos y costes, y maximizar el impacto de las actuaciones. ■

²⁸ C. C. Hang, E.W. Garnsey. Opportunities and resources for disruptive technological innovation. Working Paper N° 2011/03. University of Cambridge, 2011.

Conclusión

La pobreza energética favorece la desigualdad y limita el desarrollo. La AIE estima que cerca de 1.200 millones de personas carecen de acceso a la electricidad en 2013.

La Agenda de Acción de Addis Abeba (AAAA) define un marco de financiación mundial y enfatiza la necesidad de una mayor financiación del sector privado para lograr la Agenda de Financiación para el Desarrollo (*Financing for Development* FfD). Un mecanismo que toma relevancia son las Alianzas Público Privadas (PPP). Sin embargo, las inversiones realizadas actualmente con este mecanismo son pequeñas respecto a la brecha existente.

Las Organizaciones de la Sociedad Civil han realizado llamadas a la reflexión en el uso del modelo de PPP para la implementación del desarrollo. Los modelos PPP tradicionales basados en la teoría del Servicio Público, no son adecuados para realización de planes de electrificación en zonas rurales aisladas en países en desarrollo.

Dentro del mundo de la cooperación para el desarrollo, han surgido nuevos modelos denominados 5Ps (*Pro-Poor Public Private Partnerships*). Son modelos colaborativos que involucran múltiples actores con el objetivo de facilitar la provisión de servicios a las comunidades más desfavorecidas, que son normalmente dejadas de lado por las PPP tradicionales.

La erradicación de la pobreza y la desigualdad son aspectos fundamentales de la Agenda de Desarrollo Sostenible, que fundamentan proyectos de pequeño tamaño al amparo de un marco global. Desafortunadamente, hay que avanzar todavía en la Agenda de Financiación para el Desarrollo (FfD), para crear los mecanismos que permitan hacer llegar la financiación a proyectos de pequeño tamaño.

El sector privado juega un papel fundamental en el desarrollo e implantación de los proyectos de universalización del acceso al suministro. Las empresas pueden aportar recursos, ayudando a la creación de negocios específicos en la base de la pirámide.

En esta línea, el documento presenta un ejemplo de alianza multi-actor en Brasil entre la Comunidad de Abaré, Iberdrola, Energías sin Fronteras, la distribuidora Coelba de Iberdrola, y voluntarios, bajo el programa brasileño de universalización del acceso a la electricidad "Luz para Todos" (LpT). El proyecto contaba con dos partes. La primera parte buscaba el analizar en los lugares más inaccesibles de Brasil, la viabilidad técnico-económica de aplicar sistemas fotovoltaicos autónomos y microrredes para proveer acceso a la electricidad, comparar estas dos opciones frente a los costos de la extensión de red. La segunda parte buscaba el desarrollar un Modelo de Electrificación que permite estructurar con una metodología cómo realizar la prestación del servicio de electrificación, o un producto/servicio asociado, para zonas rurales en países no desarrollados.