

Soluciones tecnológicas para la electrificación rural: **Tecnología Fotovoltaica**



MIGUEL ÁNGEL EGIDO AGUILERA

Dr. Ing. en Telecomunicación

INSTITUTO DE ENERGÍA SOLAR

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

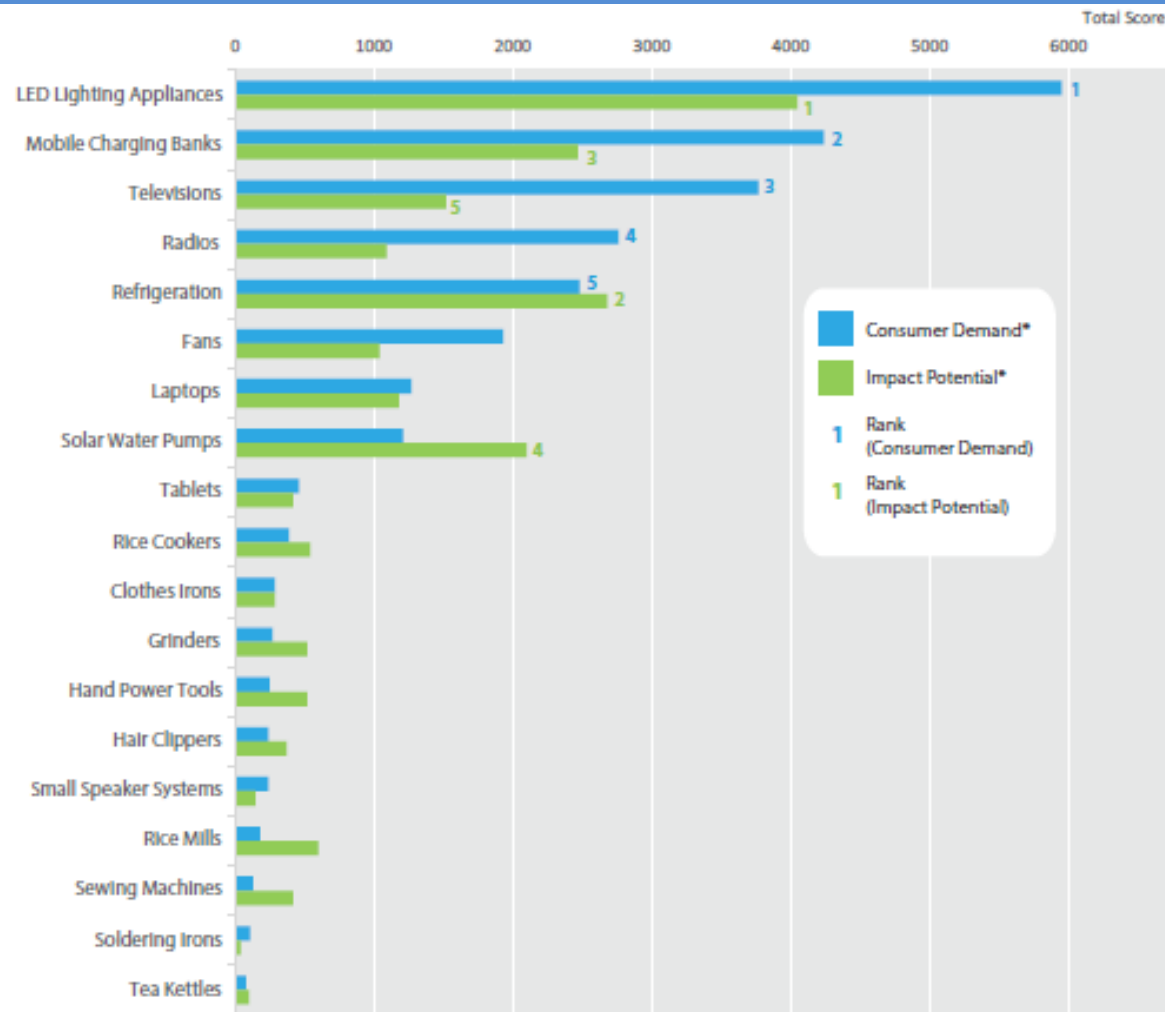
Generación eléctrica aislada con energías renovables.

- Todavía quedan 1.160 millones de personas sin acceso a la electricidad.
- Rápido crecimiento en todo el mundo de la generación renovable.
- Disminución de costes y mejora del rendimiento: fotovoltaica, eólica, microhidráulica.
- Disminución de costes y mejora tecnológica: almacenamiento y sistemas de control.
- La generación eléctrica aislada es la más apropiada en entornos rurales.
- Las microredes aisladas son una opción real: mejoran la fiabilidad, la calidad eléctrica y la seguridad energética.

Algunos datos:

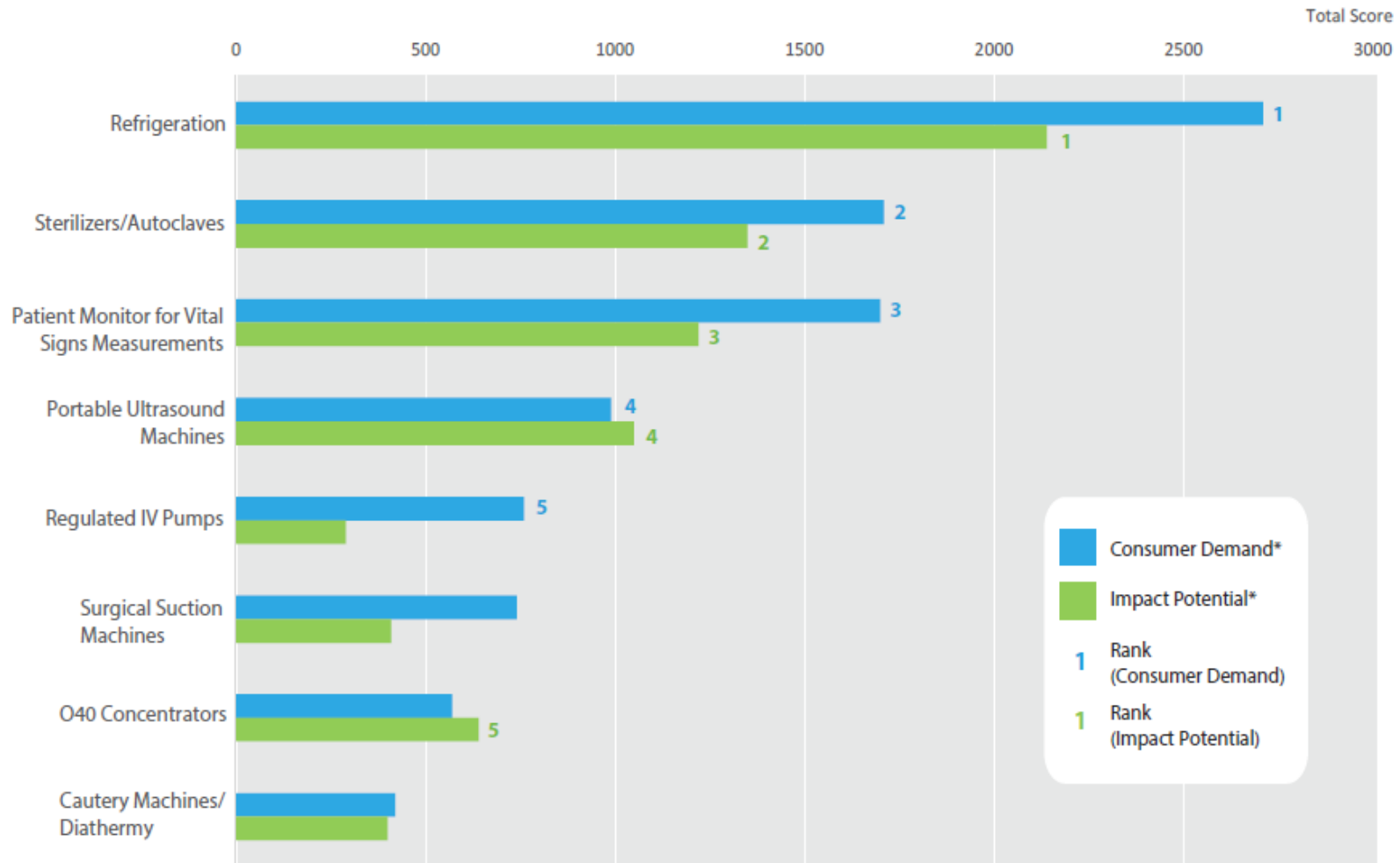
- 26 millones de viviendas, unos 100 millones de personas disponen de electricidad renovable: 20 millones con solar, 5 millones con microrredes, 0,8 millones con pequeños aerogeneradores.
- Mercado para la sustitución de generadores diésel aislados: 400 GW instalados. Entre 50 y 250 GW pueden ser hibridados.
- Hay miles de microrredes FV-Diésel en operación. 10.000 en Camboya, China, India, Marruecos y Mali.
- Más de 6 millones de SFD en operación (3 millones en Bangladesh)
- Más de 10.000 sistemas de telecomunicación.
- En África hay 8 millones de farolas.

Servicios demandados en viviendas y PyMEs:



Fuente: Off-Grid Appliance Market Survey. Global LEAP Lighting and Energy Access Partnership, 2015.

Demandas en centros de salud:



Fuente: Off-Grid Appliance Market Survey. Global LEAP Lighting and Energy Access Partnership, 2015.

clásicos

Enfoque centralizado

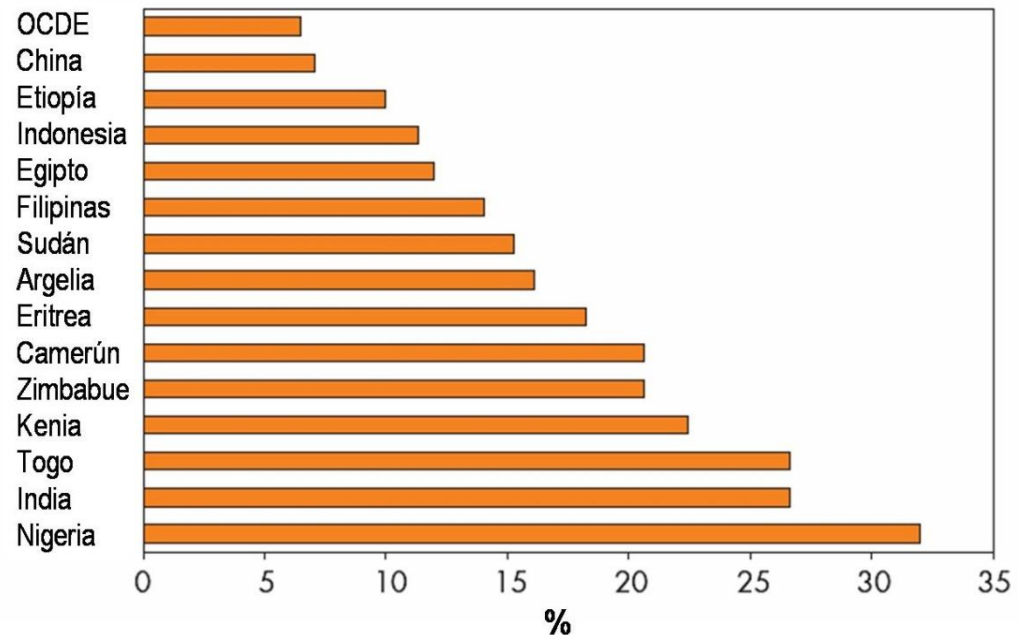
- Escasos recursos financieros de los Estados
- Baja densidad de la población rural, y bajo consumo
- Terrenos difíciles y distancias largas
- Pérdidas técnicas de energía
- Consumos no facturados por las compañías eléctricas

Enfoque descentralizado (Diesel, hidráulica)

- Alto costo del combustible
- Costos de mantenimiento elevados
- Escasa capacidad de gestión de la comunidad

Mercado privado

- Pilas secas
- Baterías de arranque
- Generadores de pequeña potencia



Pérdidas totales, técnicas y no técnicas, en algunos países seleccionados(IEA, WEO 2002)

Tecnologías para la generación autónoma de electricidad

Fuente de electricidad	Nivel de potencia	Coste inicial por conexión	Coste de mantenimiento	Comentarios	Impacto social y medioambiental
Extensión de la red eléctrica	Muy alta	Bajo-Alto depende de la distancia	Bajo	Todos los servicios Muy cara para poblaciones dispersas	Combustibles fósiles. Polución local y regional. Control externo
Generador Diesel	Media	Medio	Alto	Tecnología muy probada Pero mantenimiento caro. Suministro de combustible irregular	Contaminación atmosférica, auditiva y del suelo a nivel local
Minihidráulica	Media	Bajo-Alto	Bajo	Buena opción para suplir muchos servicios energéticos. Duración prolongada	Depende de la disponibilidad de agua y de la orografía. Bajo impacto medioambiental
Microhidráulica	Media baja	Bajo	Bajo	Buena opción para servicios domésticos, sin incluir la cocina	Depende de la disponibilidad de agua y de la orografía. Muy bajo impacto medioambiental
Plantas generadoras con biomasa	Media	Alto	Medio	Puede suministrar electricidad para un rango muy amplio de aplicaciones	Emisiones contaminantes en el ámbito local
Sistemas fotovoltaicos autónomos	Media Baja	Alto	Bajo	Opción cara. Bajos costes de operación y mantenimiento. Modular	No contaminante
Sistemas fotovoltaicos domiciliarios	Baja	Alto	Bajo	Opción cara. Bajos costes de operación y mantenimiento.	No contaminante
Linterna solar	Muy baja	Medio	Bajo	Portátil, sencilla. Más barato que los SFD.	No contaminante
Generador eólico	Alta media	Medio	Bajo	Amplio margen de capacidad. Puede ser competitivo con la generación eléctrica convencional.	Depende de la disponibilidad de viento. Muy bajo impacto medioambiental

Problemática

Claves:

Comunidades rurales

Tecnologías en pleno desarrollo

Aspectos industriales

- Falta de conocimiento sobre las peculiaridades de la electrificación rural.
- Empresas comercializadoras dedicadas a otras actividades
- Falta de servicio postventa
- Soluciones "llave en mano" ajenas al entorno socioeconómico de los usuarios.
- Falta de experiencia acumulada en los proyectos con sistemas híbridos.

Factor humano

- Necesidad de formación de técnicos
- Personal capaz de tomar decisiones
- La electricidad es un servicio nuevo para los usuarios

Factor económico

- Los costes iniciales suelen ser elevados.

Sostenibilidad

Garantizar la sostenibilidad integral de los proyectos de electrificación mediante cualquier fuente primaria, renovable o fósil, requiere :

- **Satisfacción del usuario:**
 - Seguridad en el suministro: disponibilidad de energía primaria, fiabilidad de la tecnología y estructura de mantenimiento
 - Adecuación del suministro a la demanda
- **Bajo o nulo impacto medioambiental**
- **Esquema financiero apropiado.**

Alternativas para la electrificación descentralizada

- Enfoque centralizado

(¡acceso disponible ~~↔~~ acceso real!)

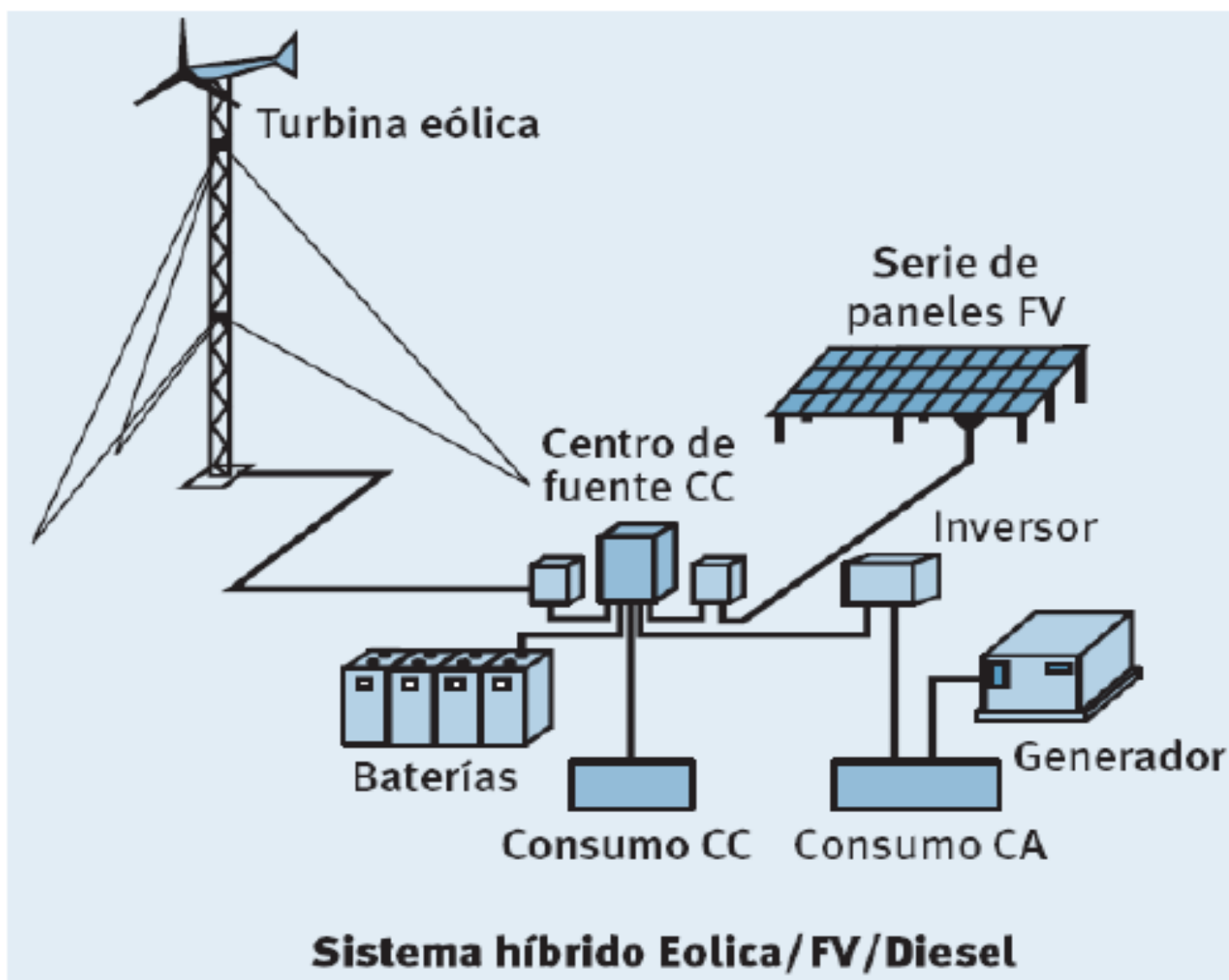
- Enfoque descentralizado

- ✓ Generadores diesel (50-500 kW)
- ✓ Pequeñas centrales hidráulicas (<30 MW)
- ✓ Sistemas fotovoltaicos (30 W-xx kW)
- ✓ Sistemas eólicos (50 W- xx kW)
- ✓ Pequeñas plantas de biogas (50-500 kW)



Tecnologías descentralizadas





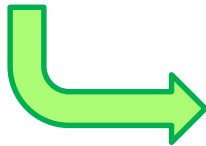
Proyectos de energía descentralizada

Estimación de los recursos

- Tecnologías apropiadas
- Energías renovables

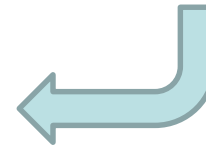
Estimación de la demanda

- Usos del sistema
- N° horas de cada uso



Diseño del sistema

- Herramientas de diseño
- Robustez y fiabilidad



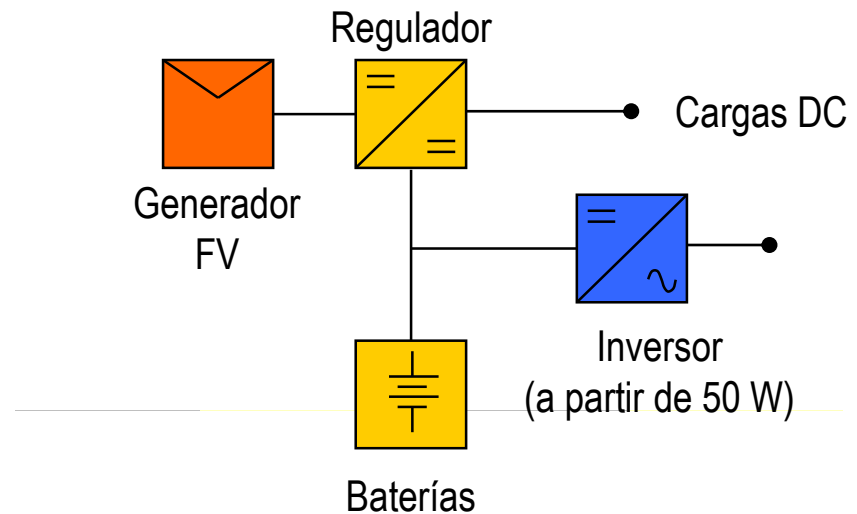
ELECTRIFICACIÓN RURAL

País	Programas	Nº sistemas	Referencia
Argentina	PAEPRA, PERMER	66.000	[Martinot, 2000]
Bangladesh	Grameen, WB, IDCOL	900.000	[IDCOL, 2010]
Benin	GEF	5.000	[Martinot, 2000]
Bolivia	GEF, IDTR, GTZ	9.500	[MHEBol, 2009]
Botswana		5.700	[Moner, 2006]
Brasil	Luz no campo, LpT	50.000	[Diniz, 2011]
Cabo Verde	WB	4.000	[Martinot, 2000]
China	WB, REDP	402.000	[REN21, 2010]
Colombia		15.000	[Rodriguez, 2008]
Eritrea		5.000	[Moner, 2006]
Etiopía		5.000	[Moner, 2006]
Filipinas	RPP	49.600	[PHOTON, 2007a]
Ghana		4.900	[Obeng, 2009]
India	WB	500.000	[REN21, 2010]
Indonesia	WB	350.000	[PHOTON, 2007b]
Kenia	Libre mercado	320.000	[Ondraczek, 2011]
Laos		16.000	[Susanto, 2010]
Mali		50.000	[REEEP, 2010]
Marruecos	GEF, ASER	51.560	[ONE, 2011]
México		90.000	[Nieuwenhout, 2001]
Nepal		115.000	[Bhandari, 2011]
Perú	MEM, GEF	5.700	[DGER, 2010]
Sri Lanka	RERED	138.000	[WB, 2011]
Sudáfrica		150.000	[Moner, 2006]
Tailandia		203.000	[PHOTON, 2007c]
Tanzania		40.000	[Ondraczek, 2011]
Togo	WB	5.000	[Martinot, 2000]
Uganda		20.000	[Moner, 2006]
Zambia		5.000	[Moner, 2006]
Zimbabwe	Libre mercado	85.000	[Moner, 2006]
Total		3.650.960	

ELECTRIFICACIÓN DOMÉSTICA

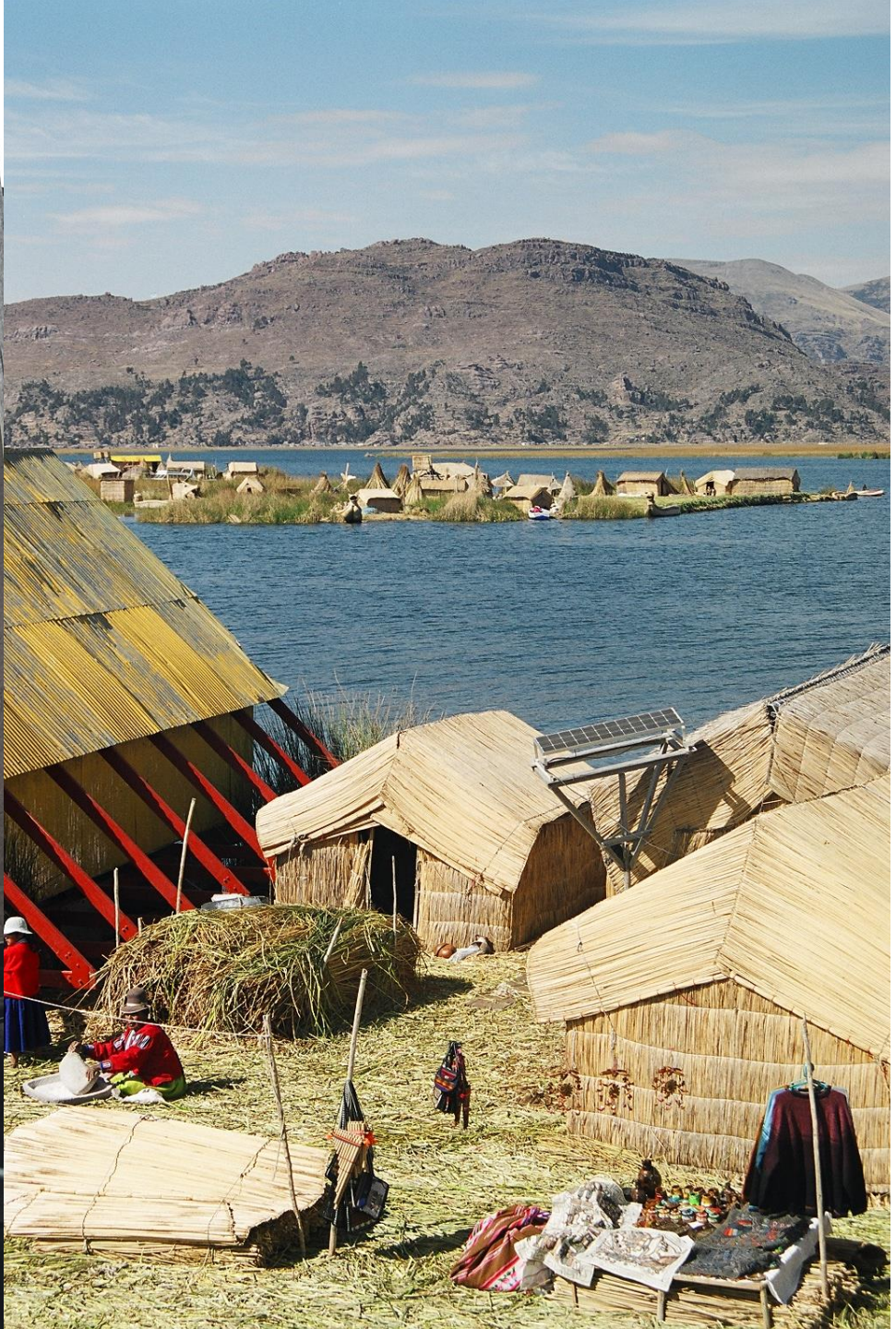
“Solar Home Systems” (SHS)

- ✓ Potencia instalada: 40–100 Wp
- ✓ Baterías de automóvil (12V): 75–150 Ah
- ✓ 3 luminarias + toma de corriente
- ✓ Energía diaria: 100-250 Wh
- ✓ Peso: 40 a 60 kg







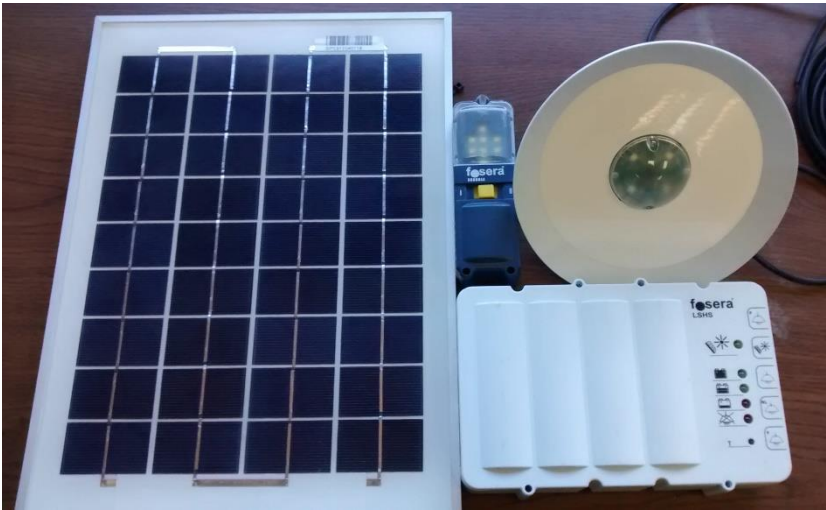


Nueva tendencia

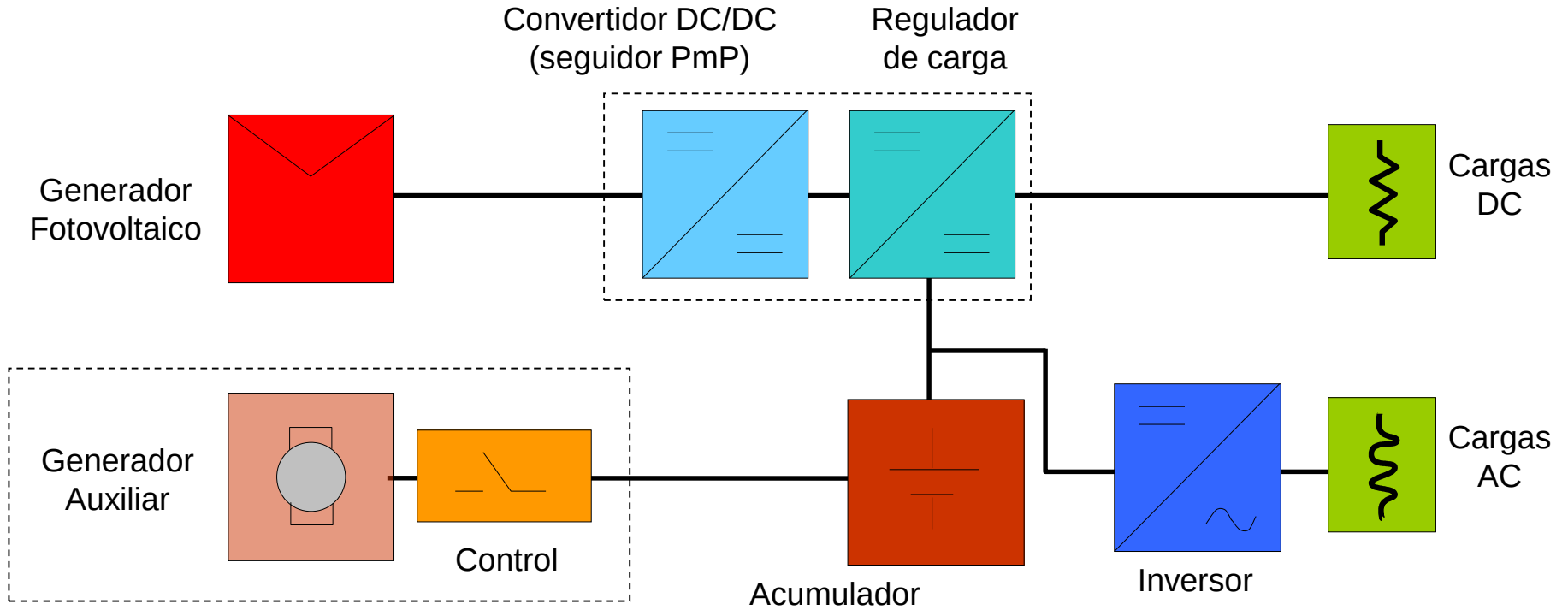


Sistemas fotovoltaicos de tercera generación

- ✓ Baterías de Li-Ion
- ✓ Lámparas LED



Sistema híbrido con acoplamiento en continua

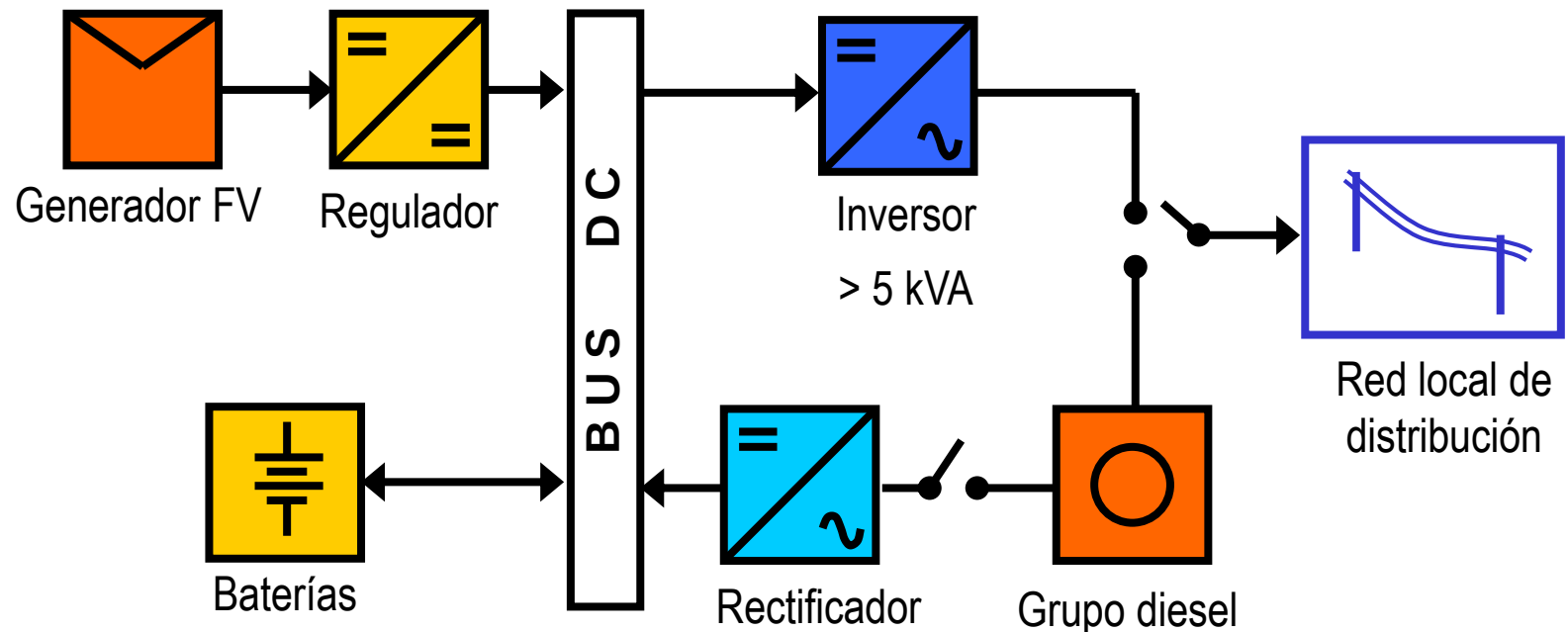


Acoplamiento en continua

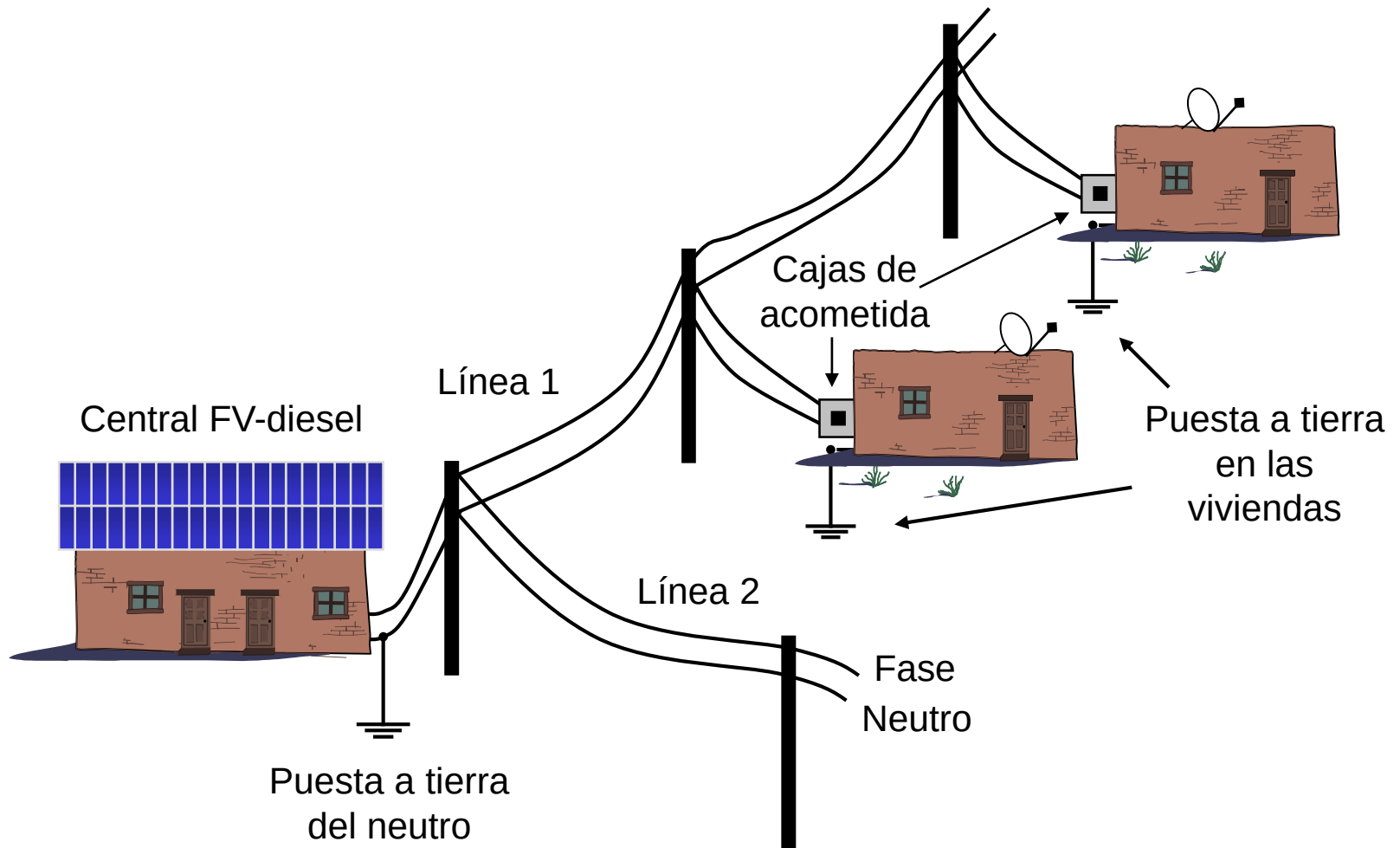
MINICENTRALES

- ✓ Potencia instalada < 20 kWp
- ✓ Sistemas a > 24 V
- ✓ Suministro en AC

Ejemplo: Minicentral híbrida fv-diesel



Electrificación rural









ELECTRIFICACIÓN DE LOCALES COMUNITARIOS Y DE USO PRODUCTIVO

Hospitales, centros de salud

- ✓ Potencia instalada: 300–1 500 Wp
- ✓ Iluminación, bombeo de agua, esterilización, refrigeración de vacunas

Escuelas

- ✓ Potencia instalada: 200–2000 Wp
- ✓ Iluminación, alimentación de tv, video, ordenador

Locales de uso productivo

- ✓ Potencia instalada > 500 Wp
- ✓ Iluminación, alimentación de pequeñas máquinas, Ecoalbergues

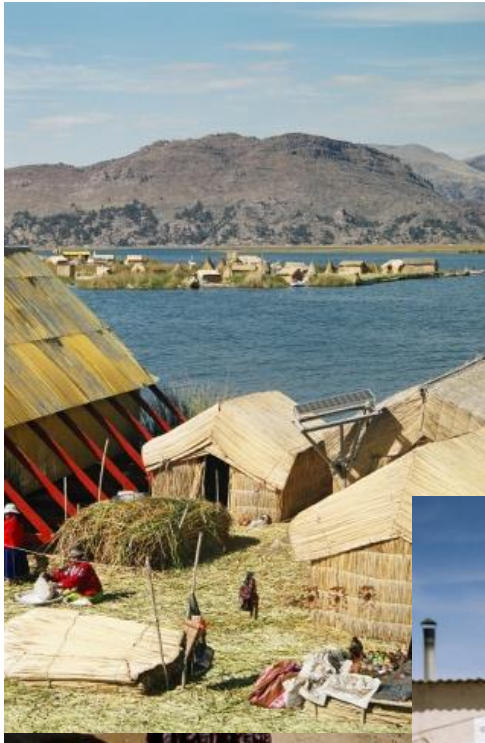
Estaciones de carga de baterías

- ✓ Potencia instalada: 500–5000 Wp
- ✓ Carga centralizada de baterías de automóvil

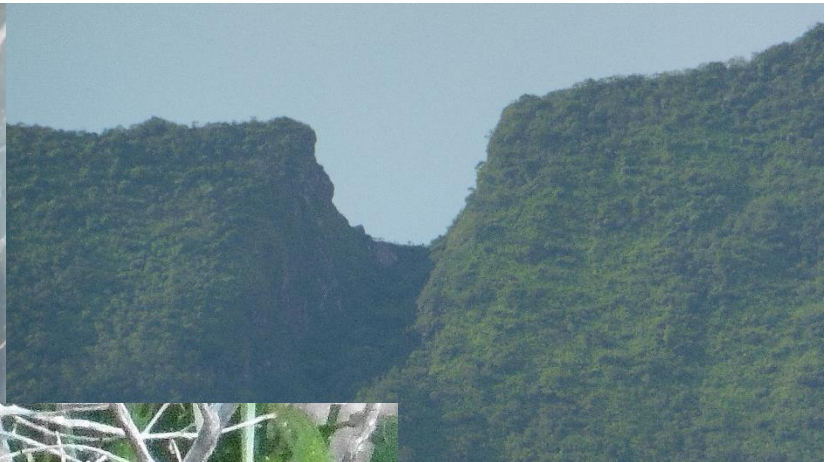
Electrificación rural: Centro de salud



Electrificación rural: Ecoturismo



BOLIVIA: Parque Natural del Madidi



Ecoalbergue San Miguel del Bala



- Localizado a orillas del río Beni a 45 minutos de Rurrenabaque
- Gestionado por 35 familias Tacana
- Siete cabañas dobles, dos cabañas múltiples, dos cuartos de baño, cocina, salón, centro de información y oficina.
- Antes del proyecto: iluminación, radio VHF y pequeños electrodomésticos. Consumo diario de 1 kWh.

www.sanmigueldelbala.com

Ecoalbergue San Miguel del Bala

Los servicios que suministra la nueva infraestructura son:

- Lámparas LED en todos los cuartos
- Frigorífico central A+++
- Ventiladores
- Carga de celulares, cámaras fotográficas, tablets
- Televisión de 42"
- Pequeños electrodomesticos
- Impresora, computador, ¿wifi modem?

Consumo diario: 8,5 kWh

Radiación solar: 4,2 kWh/m²

Generador PV: 3,6 kWp



Ecoalbergue Chalalán

Los servicios que provee la nueva infraestructura son:

- Lámparas LED en todos los cuartos
- Dos frigoríficos A+++
- Máquina de hielo
- Bombeo de agua
- Carga de celulares, cámaras fotográficas, tablets
- Televisión de 42"
- Pequeños electrodomesticos
- Impresora, computador, conexión satelital

Consumo diario: 12 kWh

Radiación solar: 4,2 kWh/m²

Generador PV: 4,8 kWp



Conclusiones

- La tecnología fotovoltaica ha alcanzado la madurez. Tiene un muy elevado grado de fiabilidad.
- Permite la producción de electricidad en muy diferentes escalas.
- En aplicaciones aisladas es la tecnología más apreciada y utilizada.
- Los costes de generación eléctrica son competitivos en comparación con tecnologías convencionales en sistemas conectados a la red, y los más bajos en instalaciones aisladas.



Gracias por su atención miguel.egido@upm.es